



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 091399

**Simulasi dan Analisis Flicker Pada Sistem Kelistrikan
PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh Menggunakan
Software ETAP**

Tito Amil Muzzammil
NRP 2214 105 075

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
Ir. Ni Ketut Aryani, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 091399

**Simulation and Flicker Analysis On Electrical System
PT. Semen Indonesia Aceh Plant Using ETAP Software**

Tito Amil Muzzammil
NRP 2214 105 075

Advisor
Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D.
Ir. Ni Ketut Aryani, MT.

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Teknologi
Sepuluh Nopember Institute of Teknologi
Surabaya 2016

**SIMULASI DAN ANALISIS FLICKER PADA SISTEM
KELISTRIKAN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK
ACEH MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.
NIP. 194907151974121001

Ir. Ni Ketut Arvani, MT
NIP. 196509011991032002



ABSTRAK

Nama : Tito Amil Muzzammil
Judul : “Simulasi Dan Analisis Flicker Pada Sistem Kelistrikan PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh Menggunakan Software ETAP”
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
2. Ir. Ni ketut Aryani, MT

PT. Semen Indonesia merupakan perusahaan BUMN yang bergerak dalam pengolahan sumber daya alam. Dalam prosesnya, perusahaan ini mampu berdiri di banyak daerah di Indonesia, dan yang terbaru adalah pada wilayah ACEH. Tahapan pada saat ini adalah masih pada tahap perencanaan. Banyak hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu sistem kelistrikan dalam sebuah industri salah satunya adalah masalah kualitas daya. Dalam permasalahan kualitas daya, hal yang menjadi fokus utama dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah *flicker*. Adapun *single line diagram* yang disimulasikan pada tugas akhir ini adalah *single line diagram* dengan menggunakan dua buah generator berkapasitas 2 x 35 MW. Beberapa case yang disimulasikan adalah *starting motor*, pelepasan sumber generator, hubung singkat, on – off motor besar, kombinasi antara *starting motor – load ramp*, *starting motor – pelepasan generator*, dan *starting motor – hubung singkat*. Berdasarkan simulasi yang dilakukan didapatkan hasil jika fluktuasi tegangan / *flicker* terjadi pada *case starting* tiga buah motor, *starting* empat buah motor, *on – off* motor besar, kombinasi *starting motor – load ramp*, dan *starting motor – generator trip*. Adapun nilai *Pst* untuk masing-masing *case* di atas adalah 2.8, 2.9, 2.5, 2.2, 2.4 yang berarti diluar batas yang telah ditetapkan sebesar 1. Untuk case selain itu tidak didapatkan fluktuasi tegangan / *flicker*.

Kata Kunci : kualitas daya, *flicker*, motor starting.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Name : Tito Amil Muzzammil
Title : “Simulation and Flicker Analysis On Electrical System PT.Semen Indonesia Aceh Plant Using ETAP Software”
Lecture : 1. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc, Ph.D
2. Ir. Ni ketut Aryani, MT

PT. Semen Indonesia is a state-owned company engaged in the processing of natural resources. In the process, the company was able to stand in many areas in Indonesia, and the latest is the Aceh region. Stages at the moment is still at the planning stage. Many things must be considered in planning an electrical system in an industry one of which is power quality problems. In power quality problems, it is the main focus in the execution of this Final Project is flicker. The single line diagram simulated in this thesis is a single line diagram by using two generators with a capacity of 2 x 35 MW. Some cases were simulated starting the motor, release the source generator, short circuit, on - off large motors, a combination of motor starting - load ramp, motor starting - discharge generator and motor starting - short circuit. Based on the simulation results obtained when the voltage fluctuations / flicker occurs in the case of motor starting three, starting four motors, on - off large motors, motor starting combinations - load ramp, and starting the motor - generator trip. The Pst value for each case above was 2.8, 2.9, 2.5, 2.2, 2.4, which means beyond a predetermined limit of 1. For the case other than that obtained voltage fluctuation / flicker.

Keywords: power quality, flicker, starting the motor.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB 2 KUALITAS DAYA LISTRIK (POWER QUALITY)

2.1 Fluktuasi Tegangan (<i>Voltage Fluctuation</i>)	7
2.2 Flicker	8
2.2.1 Sumber Flicker	11
2.3 Parameter	12
2.4 Pengukuran	14
2.4.1 IEC Flickermeter	15
2.4.1.1 Blok 1: Sirkuit Tegangan Adaptor	16
2.4.1.2 Blok 2: <i>Square Law Demodulator</i>	16
2.4.1.3 Blok 3: Demodulator Filter dan Pembobotan Filter	18
2.4.1.4 Blok 4: <i>Non-linear Variance Estimator</i>	19
2.4.1.5 Blok 5: Evaluasi Statistik	20
2.4.2 Penggunaan Flickermeter	22
2.4.3 Metode Sederhana untuk P_{st} Assesment	24
2.4.3.1 Penilaian Perubahan Tegangan Relatif	24
2.4.3.2 Perhitungan Tingkat Keparahan Flicker	25
2.4.3.2.1 Utility Flicker Severity Curve Method	26

2.4.3.2.2 Metode Analisa	26
--------------------------------	----

BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK ACEH

3.1 Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh	29
3.2 Data Sumber Generator	30
3.3 Data Beban dan Trafo	30
3.3.1 Trafo.....	31
3.4 Pemodelan Case	33
3.4.1 Motor Starting	33
3.4.1.1 Starting Satu Buah Motor	34
3.4.1.2 Starting Dua Buah Motor	35
3.4.1.3 Starting Tiga Buah Motor Adaptor.....	35
3.4.1.4 Starting Empat Buah Motor Adaptor.....	36
3.4.2 Pelepas Sumber Generator	37
3.4.3 Gangguan Hubung Singkat	37
3.4.4 On-Off Motor-motor Besar	38
3.4.5 Kombinasi	38
3.4.5.1 Starting Motor-Load Ramp	39
3.4.5.2 Starting Motor-Generator Trip	39
3.4.5.3 Starting Motor Hubung Singkat	40

BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Hasil Simulasi	41
4.1.1 Starting Motor	41
4.1.1.1 Starting Satu Buah Motor	42
4.1.1.2 Starting Dua Buah Motor	42
4.1.1.3 Starting Tiga Buah Motor.....	43
4.1.1.4 Starting Empat Buah Motor.....	44
4.1.2 Pelepasan Sumber (Generator)	46
4.1.3 Hubung Singkat.....	48
4.1.4 On-Off Motor Besar	49
4.1.5 Kombinasi	50
4.1.5.1 Starting Motor-Load Ramp	50
4.1.5.2 Starting Motor-Generator Trip	51
4.1.5.3 Starting Motor-Hubung Singkat	53
4.2 Analisa	54

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63

DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tingkat perencanaan indikasi untuk P_{st} dan P_{lt} pada system MV, MH dan EHV	22
Tabel 2.2 Tingkat kompatibilitas untuk P_{st} dan P_{lt} pada system LV dan MV	22
Tabel 3.1 Data reaktansi generator	28
Tabel 3.2 Motor-motor besar	28
Tabel 3.3 Data impedansi trafo	29
Tabel 4.1 Data <i>starting</i> satu buah motor	40
Tabel 4.2 Data <i>starting</i> dua buah motor	41
Tabel 4.3 Data <i>starting</i> tiga buah motor	42
Tabel 4.4 Data <i>starting</i> empat buah motor	43
Tabel 4.5 Data simulasi pelepasan sumber (generator)	44
Tabel 4.6 Data simulasi hubung singkat	45
Tabel 4.7 Data simulasi on-off motor besar	46
Tabel 4.8 Data simulasi <i>starting motor-load ramp</i>	47
Tabel 4.9 Data simulasi <i>starting motor-generator trip</i>	49
Tabel 4.10 Data simulasi <i>starting motor-hubung singkat</i>	49

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 <i>Flow chart</i> metodologi pengerjaan tugas akhir	4
Gambar 2.1 Tipe fluktuasi tegangan.....	7
Gambar 2.2 Contoh fluktuasi tegangan yang disebabkan oleh <i>arc</i> <i>furnace operation</i>	8
Gambar 2.3 Kurva umum flicker	9
Gambar 2.4 Contoh gelombang flicker	10
Gambar 2.5 Daya active dan reactive selama <i>start-up</i> mesin induksi	11
Gambar 2.6 Fluktuasi tegangan dikarenakan oleh operasi mesin induksi	12
Gambar 2.7 Perubahan tegangan <i>rectangular</i> $d = \Delta V / V = 40\%$, frekuensi modulasi 8,8 Hz, 17,6 perubahan/detik.....	13
Gambar 2.8 Deskripsi skema IEC flickermeter.....	15
Gambar 2.9 Respon dari blok 3 IEC flickermeter	18
Gambar 2.10 Perhitungan kumulatif fungsi probabilitas	20
Gambar 2.11 Pemanfaatan kurva $P_{st} = 1$ perubahan tegangan <i>rectangular</i> sebesar 60.....	26
Gambar 3.1 <i>Single Line Diagram</i> PT. Semen Indonesia pabrik Aceh	27
Gambar 3.2 <i>Event case starting</i> satu buah motor	32
Gambar 3.3 <i>Event case starting</i> dua buah motor.....	33
Gambar 3.4 <i>Event case starting</i> tiga buah motor	33
Gambar 3.5 <i>Event case starting</i> empat buah motor.....	34
Gambar 3.6 <i>Event case pelepasan</i> sumber generator	35
Gambar 3.7 <i>Event case starting</i> hubung singkat	35
Gambar 3.8 <i>Event case on off</i> motor besar	36
Gambar 3.9 <i>Event case starting</i> motor–load ramp	37
Gambar 3.10 <i>Event case starting</i> motor–generator trip.....	37
Gambar 3.11 <i>Event case starting</i> motor–hubung singkat	38
Gambar 4.1 Hasil simulasi <i>starting</i> satu buah motor	40
Gambar 4.2 Hasil simulasi <i>starting</i> dua buah motor	40
Gambar 4.3 Hasil simulasi <i>starting</i> tiga buah motor main bus PLN	41
Gambar 4.4 Hasil simulasi <i>starting</i> tiga buah motor bus 85	41
Gambar 4.5 Hasil simulasi <i>starting</i> empat buah motor bus 831	

	LV 054	42
Gambar 4.6	Hasil simulasi <i>starting</i> empat buah motor bus 831 MV 051	42
Gambar 4.7	Hasil simulasi <i>starting</i> empat buah motor bus 85	43
Gambar 4.8	Hasil simulasi <i>starting</i> empat buah motor main bus PLN	43
Gambar 4.9	Hasil simulasi pelepasan sumber (generator)	44
Gambar 4.10	Hasil simulasi hubung singkat bus 831 MV 051	45
Gambar 4.11	Hasil simulasi hubung singkat main bus PLN	45
Gambar 4.12	Hasil simulasi on-off motor besar bus LV 054	46
Gambar 4.13	Hasil simulasi on-off motor besar bus 86.....	46
Gambar 4.14	Hasil simulasi <i>starting motor-load ramp</i> bus LV 051 ..	47
Gambar 4.15	Hasil simulasi <i>starting motor-load ramp</i> bus LV 051 ..	47
Gambar 4.16	Hasil simulasi <i>starting</i> motor-generator <i>trip</i> bus 85	48
Gambar 4.17	Hasil simulasi <i>starting</i> motor-generator <i>trip</i> main bus PLN	48
Gambar 4.18	Hasil simulasi <i>starting</i> motor-hubung singkat	49
Gambar 4.19	Hasil analisa <i>starting</i> empat buah motor bus 85	50
Gambar 4.20	Hasil analisa <i>starting</i> tiga buah motor bus 85	52
Gambar 4.21	Hasil analisa <i>starting</i> motor-load <i>ramp</i> bus 83	53
Gambar 4.22	Hasil analisa <i>starting</i> motor-generator <i>trip</i> bus 85	54
Gambar 4.23	Hasil analisa on-off motor besar bus 86	55
Gambar 4.24	Hasil <i>starting</i> satu buah motor	56
Gambar 4.25	Hasil <i>starting</i> dua buah motor.....	56
Gambar 4.26	Hasil pelepasan sumber (generator <i>trip</i>).....	57
Gambar 4.27	Hasil hubung singkat.....	58

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam setiap perencanaan sistem kelistrikan di sebuah perusahaan perlu diperhitungkan segala aspek yang diperlukan. Diantaranya adalah aliran daya, kualitas daya dan pengamannya. Dalam permasalahan kualitas daya banyak hal yang berpengaruh, salah satunya adalah flicker. Flicker dewasa ini menjadi permasalahan yang wajib diperhatikan mengingat dampak terjadinya flicker mayoritas ada pada beban-beban sensitif. Dimana dapat diketahui semakin lama penggunaan peralatan-peralatan yang ada di perusahaan adalah berbasis mikroprocessor yang termasuk dalam komponen dengan sensitifitas yang tinggi (beban sensitif). Dengan semakin banyaknya penggunaan beban-beban sensitif, maka potensi dari dampak negatif yang diakibatkan oleh flicker seperti pembacaan alat ukur yang tidak akurat, kerlip cahaya pada lampu (fenomena lampu berkedip), hingga pengurangan umur pakai pada alat juga semakin besar.

Ada beberapa kondisi atau penyebab terjadinya flicker, diantaranya adalah konsumsi daya peralatan dalam jumlah yang besar (umumnya dalam perusahaan adalah mesin las dan motor berdaya besar), starting motor, proses switching, dan beban non linear. Semua kemungkinan-kemungkinan tersebut harus diperhitungkan agar flicker dapat dikurangi bahkan dihindari sehingga kualitas daya akan menjadi semakin baik.

Mengingat pembangunan PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh masih dalam tahap perencanaan maka sangat diperlukan sebuah studi tentang flicker ini, yang mana tujuannya adalah untuk mengetahui bagaimana atau kondisi apa saja yang memungkinkan untuk terjadinya flicker sehingga diharapkan dapat diperoleh sebuah sistem kelistrikan yang baik dengan kemungkinan-kemungkinan yang tidak diharapkan yang mungkin timbul dikemudian hari dapat diantisipasi.

1.2 Permasalahan

Hal yang menjadi permasalahan dan akan dibahas dalam Tugas Akhir ini :

1. Bagaimana aliran daya pada PT.Semen Indonesia Pabrik Aceh
2. Bagaimana respon sistem kelistrikan (tegangan) ketika starting motor terutama motor berdaya besar dan pelepasan sumber (generator)
3. Bagaimana respon sistem ketika diberi gangguan (gangguan Hubung Singkat)

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Tugas akhir ini dilakukan menggunakan software ETAP 12.6.0.
2. Data yang digunakan adalah sistem kelistrikan di PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh dengan menggunakan 2 buah sumber generator 2 x 35 MW.
3. Hanya memperhatikan bentuk tampilan gelombang tegangan.
4. Mensimulasikan case-case yang memungkinkan untuk terjadinya flicker utamanya starting motor, pelepasan generator, gangguan hubung singkat, tidak menyertakan cara untuk mengatasi.
5. Analisa yang digunakan berupa “Analytical Method”.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini :

1. Mengetahui dan mensimulasikan kondisi apa saja yang dapat mengakibatkan flicker pada sistem kelistrikan di PT. Semen Indonesia pabrik Aceh.
2. Mendapatkan design sistem kelistrikan yang baik di mana masalah flicker dalam sistem kelistrikan dapat diantisipasi.

Manfaat yang diharapkan dalam tugas akhir ini :

1. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam usaha perbaikan kualitas.
2. Mempermudah proses perbaikan atau mitigasinya ke depan karena flicker yang dapat dideteksi.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data sistem kelistrikan dan single line diagram dari PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh.

2. Pemodelan Sistem

Setelah semua data yang diperlukan untuk analisis didapatkan, maka dilakukan pemodelan sistem dalam bentuk single line diagram dan sekaligus memasukkan data yang diperoleh pada single line diagram agar dapat dilakukan analisis power flow.

3. Simulasi dan analisis loadflow

Analisis load flow dilakukan untuk mengetahui aliran daya pada sistem dan menganalisis skema operasi yang digunakan. Dengan mengetahui aliran daya pada sistem ini nantinya dapat menjadi acuan untuk menentukan studi kasus yang akan dilakukan dengan mempertimbangkan kategori pembebanan pada sistem (jumlah daya yang disuplai pada beban).

4. Simulasi Gangguan

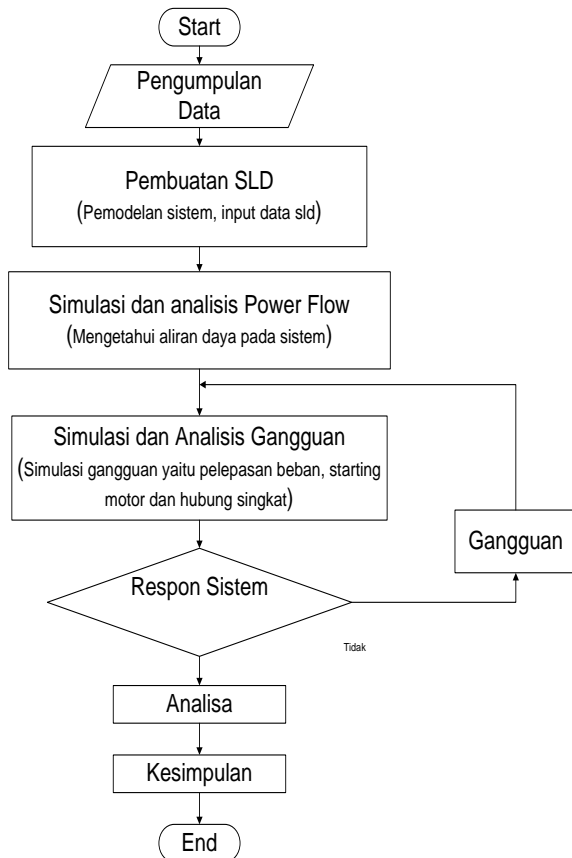
Setelah menentukan studi kasus untuk analisis load flow maka dilakukan simulasi sistem saat mengalami gangguan. Gangguan yang disimulasikan ada tiga yakni pelepasan sumber (generator), motor starting, dan gangguan hubung singkat.

5. Analisis Kasus

Dari hasil simulasi gangguan akan dianalisis respon tegangan akibat gangguan. Apakah dalam sistem tersebut dapat terjadi flicker atau tidak dan bila terjadi flicker bagaimana kondisi flickernya.

6. Penarikan Kesimpulan

Memberikan kesimpulan mengenai sistem kelistrikan yang ada dengan pendeteksian darimana sumber flicker tersebut berasal.



Gambar 1.1 *Flow chart* metodologi pengerjaan tugas akhir

1.6 Sistematika penulisan

Untuk memudahkan pembahasan yang akan dilakukan, tugas akhir ini terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metodologi pengerjaan tugas akhir, sistematika pembahasan dan relevansi dari penulis.

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini menjelaskan teori-teori penunjang yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

BAB III : SISTEM KELISTRIKAN PT.SEMEN INDONESIA.

Dalam bab ini dijelaskan metode pelaksanaan studi serta penerapannya dalam studi kasus pada sistem tenaga listrik PT.SEMEN INDONESIA pabrik ACEH, bagaimana konfigurasinya dan beberapa hal mengenai operasi sistem tenaga listrik PT.SEMEN INDONESIA.

BAB IV : HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil simulasi yang telah dilakukan. Dalam bab ini akan disajikan analisis terhadap case-case yang disimulasikan meliputi motor starting, pelepasan sumber (generator), dan hubung singkat.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil simulasi, studi literatur dan analisis yang telah dilakukan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

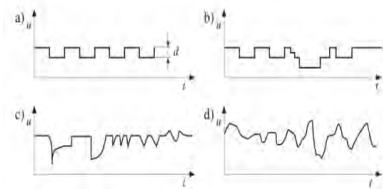
BAB 2

KUALITAS DAYA LISTRIK (FLICKER)

2.1 Fluktuasi Tegangan (*Voltage Fluctuation*)^[1]

Fluktuasi tegangan adalah serangkaian perubahan tegangan acak, besarnya biasanya tidak melebihi rentang tegangan yang ditentukan oleh ANSI C84.1 dari 0,9-1,1 pu.

IEC 61000-2-1 mendefinisikan berbagai jenis fluktuasi tegangan. Untuk fluktuasi tegangan IEC 61000-2-1 tipe (d), ditandai sebagai serangkaian fluktuasi tegangan acak yang terus menerus. Tipe dari fluktuasi tegangan beragam, berikut tipe dari fluktuasi tegangan yang ada:



Gambar 2.1 Tipe fluktuasi tegangan

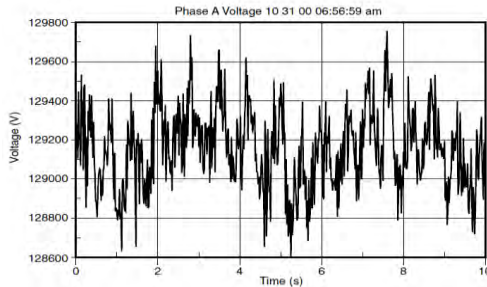
Suatu beban yang kontinyu dan bervariasi dengan arus yang besar dapat menyebabkan variasi tegangan yang sering disebut sebagai flicker. Istilah flicker ini berasal dari dampak fluktuasi tegangan pada lampu sehingga dirasakan oleh mata manusia yang sering terlihat seolah berkedip. Secara teknis, fluktuasi tegangan adalah fenomena elektromagnetik sementara flicker merupakan hasil yang tidak diinginkan dari fluktuasi tegangan di beberapa beban. Namun, dua istilah ini sering dihubungkan bersama dalam standar.

Contoh dari bentuk gelombang tegangan yang menghasilkan flicker ditunjukkan pada gambar 2.1. Hal ini disebabkan oleh tanur, salah satu penyebab paling umum dari fluktuasi tegangan pada transmisi listrik dan sistem distribusi. Sinyal flicker didefinisikan oleh besarnya rms dinyatakan sebagai persen dari fundamental. Flicker tegangan diukur sehubungan dengan sensitivitas mata manusia. Biasanya, besaran dengan kisaran 0,5 persen dapat menghasilkan flicker lampu jika frekuensi berada di kisaran 6 sampai 8 Hz.

IEC 61000-4-15 mendefinisikan metodologi dan spesifikasi instrumentasi untuk mengukur flicker. IEEE *Voltage Flicker Working*

Group baru-baru ini setuju untuk mengadopsi standar ini sebagaimana telah diubah 60-Hz sistem tenaga untuk digunakan di Amerika Utara. Standar ini merencanakan suatu cara sederhana untuk menggambarkan potensi berkedip cahaya tampak melalui pengukuran tegangan. Metode pengukuran mensimulasikan *lamp-eye-brain* sebagai fungsi transfer dan menghasilkan metrik dasar yang disebut sensasi flicker jangka pendek (P_{st}). Nilai ini dinormalisasi untuk 1.0 yang mewakili tingkat fluktuasi tegangan yang cukup untuk menyebabkan flicker. Ukuran lain yang disebut sensasi flicker jangka panjang (P_{lt}) sering digunakan untuk tujuan verifikasi yang sesuai dengan tingkat kompatibilitas yang ditetapkan oleh badan standar dan digunakan dalam kontrak listrik. Nilai ini adalah rata-rata jangka panjang sampel P_{st} .

Gambar 2.2 menggambarkan kecenderungan P_{st} pengukuran yang dilakukan di gardu bus 161-kV yang melayani beban *arc furnace*. Sampel P_{st} yang normal dilaporkan pada interval 10-menit. Nilai P_{lt} diproduksi setiap 2 jam dari nilai-nilai P_{st} .



Gambar 2.2 Contoh fluktuasi tegangan yang disebabkan oleh *arc furnace operation*

2.2 Flicker^[1]

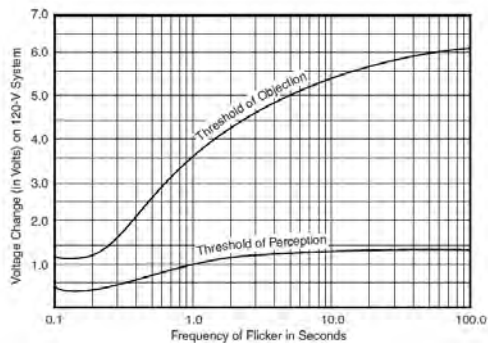
Tegangan flicker secara teknis bukan variasi tegangan jangka panjang. Sistem ini terlalu lemah untuk mendukung beban. Juga, beberapa solusi yang sama untuk perubahan yang lambat masalah regulasi tegangan. Variasi tegangan yang dihasilkan dari flicker sering dalam rentang normal tegangan layanan, tetapi perubahan yang cukup cepat untuk mengiritasi pengguna akhir tertentu.

Flicker adalah subjek yang relatif lama yang telah mendapatkan perhatian baru-baru ini karena meningkatnya kesadaran isu tentang kualitas daya. insinyur listrik pertama ditangani flicker di

tahun 1880-an ketika keputusan menggunakan ac lebih dc adalah perhatian. Tegangan rendah frekuensi ac mengakibatkan "berkedip" lampu. Untuk menghindari masalah ini, frekuensi 60 Hz lebih tinggi terpilih sebagai standar di Amerika Utara.

Berkedip kadang-kadang dianggap identik dengan fluktuasi tegangan, tegangan flicker, flicker cahaya, atau flicker lampu. fenomena yang disebut dapat didefinisikan sebagai fluktuasi tegangan sistem yang dapat menghasilkan perubahan diamati (berkedip-kedip) di output cahaya. Karena flicker sebagian besar masalah ketika mata manusia mengamati, itu dianggap menjadi masalah persepsi.

Pada awal 1900-an, banyak studi yang dilakukan pada manusia untuk menentukan tingkat kepantasan dari flicker. Banyak kurva, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 2.3, dikembangkan oleh berbagai perusahaan untuk menentukan keparahan flicker. Kurva flicker ditunjukkan pada Gambar. 2.3 dikembangkan oleh C. P. Xenis dan W. Perine pada tahun 1937 dan didasarkan pada data yang diperoleh dari 21 kelompok pengamat. Dalam rangka untuk menjelaskan sifat flicker, pengamat menguji dengan berbagai variasi bentuk gelombang tegangan, tingkat pencahayaan, dan jenis lighting.



Gambar 2.3 Kurva umum flicker

Flicker dapat dipisahkan menjadi dua jenis: siklik dan nonsiklik. flicker siklik adalah hasil dari fluktuasi tegangan periodik pada sistem, sementara nonsiklik adalah hasil dari fluktuasi tegangan sesekali/sesaat.

Contoh dari flicker sinusoidal-siklik ditunjukkan pada gambar 2.5. Jenis flicker hanya amplitudo modulasi dimana sinyal utama (60

Hz untuk Amerika Utara) adalah sinyal pembawa dan flicker adalah sinyal modulasi. Sinyal Flicker biasanya ditentukan sebagai persentase dari tegangan operasi normal. Dengan menggunakan persentase, sinyal flicker independen dari puncak, puncak ke puncak, rms, line-to-netral, dll.

Biasanya, tegangan persen modulasi dinyatakan oleh:

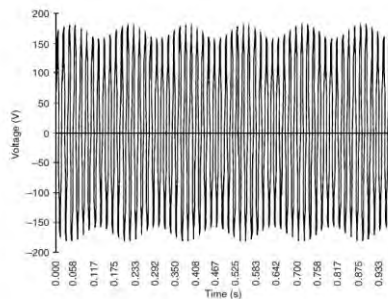
$$\text{Tegangan modulasi dalam persen} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_0} \times 100\%$$

V_{\max} = nilai maksimal dari sinyal modulasi

V_{\min} = nilai minimal dari sinyal modulasi

V_0 = nilai rata-rata normal dari tegangan operasi

Metode yang biasa untuk mengekspresikan flicker adalah mirip dengan tegangan persen modulasi. Hal ini biasanya dinyatakan sebagai persentase dari perubahan total dalam tegangan sehubungan dengan tegangan rata-rata (dV / V) selama periode waktu tertentu.



Gambar 2.4 Contoh gelombang flicker

Kandungan frekuensi flicker sangat penting dalam menentukan tingkat flicker yang diamati. Rentang frekuensi khas flicker diamati adalah 0,5-30,0 Hz, dengan besaran diamati mulai dari kurang dari 1,0 persen.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4, mata manusia lebih sensitif terhadap fluktuasi pencahayaan dalam kisaran 5 sampai 10 Hz. Sebagai frekuensi flicker meningkat atau menurun jauh dari kisaran ini, mata manusia umumnya menjadi lebih ditoleransi fluktuasi.

Salah satu isu yang tidak dipertimbangkan dalam pengembangan kurva flicker tradisional adalah bahwa dari beberapa sinyal flicker. Umumnya, sebagian besar flicker memproduksi beberapa sinyal flicker (dari berbagai besaran dan frekuensi), sehingga membuatnya sangat sulit untuk secara akurat mengukur flicker menggunakan kurva flicker.

2.2.1 Sumber Flicker ^[1]

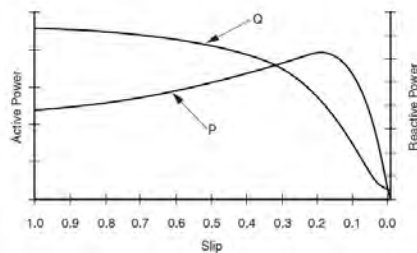
Biasanya, flicker terjadi pada sistem yang relatif lemah terhadap jumlah daya yang dibutuhkan oleh beban sehingga rasio arus pendek rendah. Kombinasi dengan variasi yang cukup besar dalam arus selama periode waktu yang singkat, menghasilkan flicker. Saat beban meningkat, rugi-rugi meningkat, sehingga meningkatkan drop tegangan melintasi garis. Fenomena ini menyebabkan penurunan mendadak dalam tegangan bus. Situasi umum, yang dapat mengakibatkan flicker, akan terjadi pada pabrik industri besar yang terletak di ujung feeder distribusi lemah. Fluktuasi tegangan yang dihasilkan menyebabkan diamatinya atau tidak keberadaan flicker tergantung pada parameter berikut:

- Ukuran (VA) dari potensi sumber flicker-memproduksi
- Sistem impedansi (kekakuan utilitas)
- Frekuensi fluktuasi tegangan yang dihasilkan

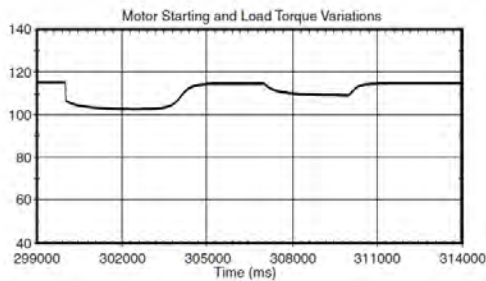
Sebuah beban umum yang sering dapat menyebabkan flicker adalah tungku busur listrik (EAF). EAFs yang nonlinear, beban waktu bervariasi yang sering menyebabkan fluktuasi tegangan besar dan distorsi harmonik. Sebagian besar fluktuasi arus besar terjadi pada awal siklus.

Mesin induksi besar *start-up* atau perbedaan perubahan beban torsi juga dikenal dalam menghasilkan fluktuasi tegangan pada sistem. Saat motor dimulai, sebagian besar tenaga yang ditarik oleh motor adalah reaktif (gambar 2.5). Hal ini menyebabkan penurunan tegangan besar di jalur distribusi. Kasus yang paling parah akan terjadi ketika motor dimulai secara *direct on-line*.

Meskipun starting motor dengan cara langsung umumnya tidak disarankan, hal itu tetap masih terjadi. Untuk mengurangi flicker, motor besar disarankan untuk menggunakan teknik *soft-start* atau variabel kecepatan drive.



Gambar 2.5 Daya active dan reactive selama *start-up* mesin induksi



Gambar 2.6 Fluktuasi tegangan dikarenakan oleh operasi mesin induksi

2.3 Parameter^[3]

Flicker pada dasarnya ditandai oleh dua parameter yang akan dijelaskan secara rinci di bawah. parameter ini adalah:

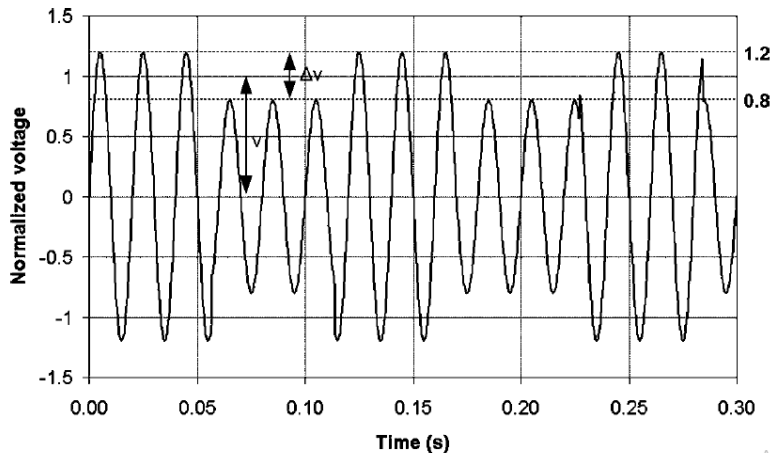
- Parameter P_{st} yang merupakan ukuran jangka pendek keparahan flicker diperoleh untuk interval 10 menit. periode pengamatan dasar dari 10 menit adalah kompromi yang baik dan cukup panjang untuk mencegah terlalu banyaknya perubahan tegangan terisolasi serta untuk memudahkan pengamatan gangguan. Periode tersebut cukup untuk merepresentasikan fluktuasi tegangan yang dihasilkan oleh peralatan dengan siklus tugas singkat.
- Parameter P_{lt} adalah ukuran dari flicker jangka panjang yang diperoleh untuk jangka waktu dua jam setelah pengukuran P_{st} . P_{lt} disimpulkan dari 12 nilai berturut-turut P_{st} , seperti yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{12} P_{st,i}^3}{12}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Parameter P_{lt} memberikan kriteria untuk penilaian flicker jangka panjang ketika sumber flicker dengan siklus kerja yang panjang dan variabel. Nilai ambang batas untuk P_{lt} adalah 0,8 unit.

Batas yang dikenakan pada beratnya berkedip sesuai dengan dua interval waktu (P_{st} dan P_{lt}) yang diperlukan dalam rangka untuk memastikan bahwa flicker tidak mengganggu. Hal ini penting untuk melihat bahwa jika P_{st} rendah, maka P_{lt} juga akan rendah. Namun, sebaliknya belum tentu benar.

Selain P_{st} dan P_{lt} , parameter yang didefinisikan dalam hal tingkat keparahan flicker yaitu perubahan tegangan relatif. Perubahan tegangan relatif biasanya dinyatakan dalam nilai persen dan ditetapkan sebagai d atau $\Delta V / V$. Parameter ini mengungkapkan penyimpangan dalam r.m.s. nilai tegangan berubungan dengan nilai steady state rata-rata selama beberapa periode waktu. Seperti yang ditunjukkan sebelumnya, dapat berhubungan dengan tingkat keparahan berkedip dengan cara pendekatan perkiraan yang berbeda. gambar 2.7 menunjukkan contoh gelombang sinusoidal dengan perubahan tegangan persegi panjang dari amplitudo 40% dan frekuensi 8,8 Hz untuk menggambarkan bagaimana menafsirkan nilai-nilai ini dengan benar.



Gambar 2.7 Perubahan tegangan *rectangular* $d = \Delta V / V = 40\%$, frekuensi modulasi 8,8 Hz, 17,6 perubahan/detik

2.4 Pengukuran^[3]

Standar IEC 61000-4-15 memberikan spesifikasi fungsional dan desain untuk peralatan pengukuran flicker yang dimaksudkan untuk menunjukkan tingkat persepsi flicker yang benar untuk semua bentuk gelombang fluktuasi tegangan praktis.

Sebelum standarisasi flickermeter, beberapa instrumen yang berbeda digunakan di seluruh dunia untuk mengevaluasi tegangan flicker. Instrumen ini, meskipun didasarkan pada hubungan antara fluktuasi tegangan dan efek flicker dinyatakan dalam sensasi visual, tidak menghasilkan hasil yang sebanding. kebutuhan untuk mencapai flickermeter yang diterima secara internasional termotivasi karya Persatuan Internasional untuk Aplikasi Listrik (UIE) pada flickermeter standar selama dua dekade terakhir. Pada tahun 1986 UIE / IEC flicker meter tersebut disepakati secara internasional oleh IEC.

Hal ini penting untuk diingat bahwa tujuan utama dari IEC flicker meter tidak memberikan evaluasi dari fluktuasi tegangan tetapi persepsi flicker yang disebabkan oleh fluktuasi ini. Untuk mencapai tujuan ini, peralatan harus dirancang sehingga dapat mengubah fluktuasi tegangan input menjadi parameter output secara proporsional terkait dengan

berkedip persepsi. Hal ini dimungkinkan dengan mensimulasikan proses persepsi visual fisiologis, yaitu yang disebut rantai *lamp-eye-brain*.

2.4.1 IEC Flickermeter ^[3]

UIE / IEC flickermeter awalnya didasarkan pada 230 V, 60 W lampu pijar. Di Amerika Utara, lampu beroperasi pada 120 V dan harus melakukan arus yang lebih tinggi. Hal ini untuk alasan ini bahwa mereka dibangun dengan filamen tebal yang menyajikan inersia termal yang lebih tinggi dan, akibatnya, lampu ini menunjukkan karakteristik frekuensi yang berbeda yang tidak sensitif terhadap fluktuasi tegangan dibandingkan dengan lampu 230 V.

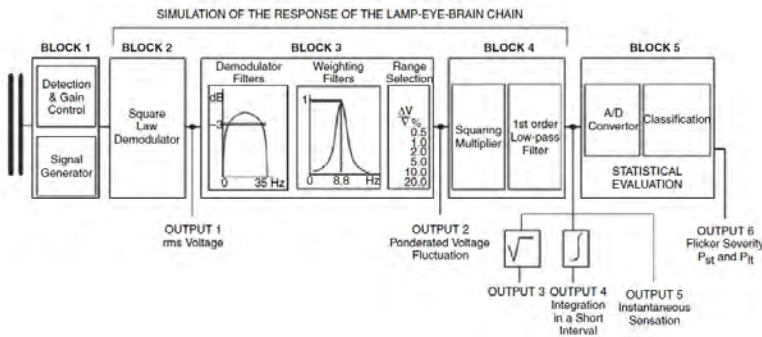
Dengan demikian, IEC flickermeter asli tidak langsung diterapkan untuk pengukuran flicker disebabkan di 120 V sistem. Namun, selama beberapa tahun terakhir, IEC flicker pengukuran ment standar telah diubah untuk menyertakan karakteristik 120 V lampu untuk ment pengukuran di Amerika Utara.

Deskripsi yang diberikan dalam IEC 61000-4-15 berdasarkan implementasi analog meskipun instrumen yang seluruhnya atau sebagian digital juga berlaku di bawah kondisi yang memiliki karakteristik fungsional yang sama.

Arsitektur flickermeter yang digambarkan pada gambar 2.8. Seperti yang ditunjukkan dalam gambar ini, flickermeter dapat dibagi menjadi dua bagian, masing-masing melakukan salah satu dari tugas-tugas berikut:

- Simulasi respon dari rantai *lamp-eye-brain*
- online analisis statistik dari sinyal flicker dan presentasi hasil.

Tugas pertama dilakukan oleh blok 2, 3 dan 4 dari gambar 2.9 sedangkan tugas kedua dilakukan dengan blok 5. Respon dari setiap blok akan dianalisis dalam subbagian berikut.



Gambar 2.8 Deskripsi skema IEC flickermeter

2.4.1.1 Blok 1: Sirkuit Tegangan Adapter

Blok 1 dari flickermeter berisi sirkuit skala tegangan yang menerima pasokan tegangan sebagai masukan dan berasal perubahan tegangan relatif. Hal ini dilakukan dengan menyesuaikan gain blok dengan rata-rata dari tegangan input dengan waktu yang konstan. Konstanta waktu dari adaptor tegangan telah dipilih sama dengan satu menit sebagai kompromi antara nilai yang cukup lama untuk mereproduksi benar perubahan tegangan yang relevan untuk flicker, tapi yang masih memungkinkan mengikuti variasi cukup erat lambat diproduksi oleh regulasi sistem pasokan.

Dengan melakukan skala ini, pengukuran flicker dapat dilakukan secara independen dari tingkat tegangan pembawa masukan aktual dan dinyatakan sebagai rasio persen. Selain itu, blok 1 berisi generator sinyal untuk memeriksa kalibrasi flickermeter di tempat.

2.4.1.2 Blok 2: Square Law Demodulator

Flicker disebabkan oleh fluktuasi tegangan ditumpangkan pada gelombang 50 atau 60 Hz. Tujuan dari blok demodulating adalah untuk memulihkan sinyal modulasi ini dari operator sinusoidal.

Di antara metode yang mungkin untuk demodulasi sinyal, demodulator kuadrat digunakan dalam flickermeter IEC karena hal itu menunjukkan beberapa keunggulan dibandingkan metode lain sebagai detektor amplop klasik. Sebuah amplop detektor beroperasi dengan nilai puncak sementara mengkuadratkan demodulator menganggap r.m.s. tegangan, yang merupakan kuantitas yang relevan untuk variasi

intensitas pencahayaan dari sumber cahaya. Selain itu, detektor amplop akan memberikan fluktuasi komponen fundamental dari tegangan mengabaikan kandungan harmonik akhirnya, sedangkan demodulator persegi mereproduksi fluktuasi dari kuadrat r.m.s. yang tegangan, yang secara langsung berkaitan dengan daya listrik yang diserap oleh lampu dan, karena itu, merupakan perwakilan dari flicker. Satu keuntungan lebih lanjut adalah bahwa demodulator kuadrat dapat dengan mudah direalisasikan.

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik dari operasi dari demodulator kuadrat, biasanya contoh tegangan sinusoidal dipengaruhi oleh fluktuasi tegangan sinusoidal diusulkan. Jenis sinyal dinyatakan sebagai berikut:

$$v(t) = A \cos \omega_p t \cdot (1 + m \cos \omega_m t) \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

di mana $v(t)$ adalah tegangan suplai dengan amplitudo A di sudut ω_p frekuensi, dan m adalah amplitudo fluktuasi tegangan sinusoidal yang memodulasi pembawa dengan sudut ω_m frekuensi. Menerapkan demodulator kuadrat untuk sinyal ini, output akan menjadi dalam bentuk:

$$\begin{aligned} v_s(t) = [v(t)]^2 &= \frac{A^2}{2} \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) + \frac{A^2}{2} \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) \cos 2\omega_p t + \frac{m^2 A^2}{8} \cos 2(\omega_p + \omega_m)t \\ &+ \frac{m^2 A^2}{8} \cos 2(\omega_p - \omega_m)t + \frac{m^2 A^2}{2} \cos(2\omega_p + \omega_m)t + \frac{m^2 A^2}{2} \cos(2\omega_p - \omega_m)t \\ &+ mA^2 \cos \omega_m t + \frac{m^2 A^2}{2} \cos 2\omega_m t \quad \dots\dots\dots(2.3) \end{aligned}$$

Oleh penyaringan yang tepat yang akan dijelaskan di blok berikutnya, adalah mungkin untuk menekan beberapa komponen yang diperoleh dalam ekspresi. Secara khusus, komponen arus searah dan komponen dengan frekuensi yang lebih tinggi daripada ω_p akan disaring. Dengan ini, ekspresi sebelumnya dapat dikurangi untuk:

$$v_F(t) = mA^2 \cos \omega_m t + \frac{m^2 A^2}{2} \cos 2\omega_m t \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Persamaan ini dibentuk oleh dua hal. Hal ini dapat diamati bahwa proses demodulasi memperkenalkan, bahkan dalam kasus ini dari modulasi sinusoidal murni, komponen dengan frekuensi sideband berbeda dari sinyal modulasi.

2.4.1.3 Blok 3: Demodulator Filter dan Pembobotan Filter

Blok 3 terdiri dari dua filter: demodulator filter dan bobot filter. Demodulator filter bertujuan untuk melemahkan DC komponen dan komponen dengan frekuensi yang lebih tinggi daripada ω_p dari output dari demodulator persegi hukum block 2. Untuk tujuan ini, terdiri dari orde pertama *high-pass* filter, dengan frekuensi 0,05 *cut-off* untuk menekan DC komponen, dan *low-pass* filter dimaksudkan untuk menghilangkan komponen dengan frekuensi yang lebih besar dari atau sama dengan frekuensi dasar dari tegangan pembawa. filter *low-pass* ini memiliki frekuensi *cut-off* dari 35 Hz. Redaman diperlukan akhir untuk komponen riak dengan frekuensi yang lebih besar dari atau sama dengan fundamental diperoleh dengan efek gabungan dari *low-pass* filter ini dan pembobotan filter yang dijelaskan berikutnya.

Pembobotan filter bertujuan untuk mensimulasikan perilaku frekuensi-selektif dipamerkan oleh mata manusia. Jelas, perilaku ini dipengaruhi oleh respon dari lampu yang mengalami fluktuasi tegangan. Oleh karena itu, dalam flickermeter IEC, lampu referensi dianggap. Pembobotan Filter menunjukkan respon band-pass dengan keuntungan maksimum untuk frekuensi antara 8 dan 10 Hz yang sesuai dengan nalar maksimum variasi intensitas cahaya. Batas frekuensi atas adalah 35 Hz memperhitungkan batas atas batas flicker fusion dan inersia termal lampu. Selanjutnya, filter pembobotan menganggap juga perilaku *low-pass* dari lampu referensi yang memiliki frekuensi *cut-off* dari sekitar 6 Hz.

Dengan mempertimbangkan semua aspek, fungsi transfer filter pembobotan untuk lampu referensi pijar dari 230 V, 60 W adalah dari jenis berikut:

$$F(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \times \frac{1 + s/\omega_2}{\left(1 + s/\omega_3\right)\left(1 + s/\omega_4\right)} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana s adalah Laplace variabel kompleks dan, untuk bohlam 230 V, 60 W, parameter mengambil nilai yang tercantum di bawah ini:

$$\begin{aligned}k &= 1.748\ 02 \\ \lambda &= 2\pi \times 4.059\ 81 \\ \omega_1 &= 2\pi \times 9.154\ 94 \\ \omega_2 &= 2\pi \times 2.279\ 79 \\ \omega_3 &= 2\pi \times 1.225\ 35 \\ \omega_4 &= 2\pi \times 21.9\end{aligned}$$

Nilai-nilai berikut telah diusulkan untuk, 60 W lampu 120 V:

$$\begin{aligned}k &= 1.6357 \\ \lambda &= 2\pi \times 4.167\ 375 \\ \omega_1 &= 2\pi \times 9.077\ 169 \\ \omega_2 &= 2\pi \times 2.939\ 902 \\ \omega_3 &= 2\pi \times 1.394\ 468 \\ \omega_4 &= 2\pi \times 17.315\ 12\end{aligned}$$

Tanggapan amplitudo filter blok 3 ditunjukkan pada gambar 2.10 di mana filter pembobotan diwakili berkorespondensi dengan lampu 230 V. Efek gabungan dari filter ini memberikan redaman yang kuat pada frekuensi dari band 0,05-35 Hz. Sebuah keenam-order Butterworth filter disarankan. Pilihan filter *Butterworth* dibenarkan karena filter ini adalah terpapar pada band pass dan tidak menunjukkan redaman dalam rentang frekuensi yang dipertimbangkan.

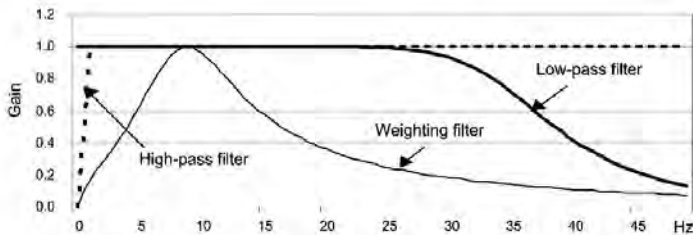


Figure 5.4 Response of the block 3 filters of the IEC flickermeter

Gambar 2.9 Respon dari blok 3 IEC flickermeter

2.4.1.4 Blok 4: Non-linear Variance Estimator

Mengingat temuan Rashbass tentang persepsi flicker, blok ini, disebut non linear varians estimator, terdiri dari multiplier mengkuadratkan yang mensimulasikan persepsi visual non-linear

manusia, dan orde pertama *low-pass* filter dengan waktu konstan 300 Nona. Filter ini mensimulasikan efek penyimpanan otak manusia.

Hal ini sangat penting untuk menyoroti bahwa output dari blok 4 dari flickermeter, setelah simulasi rantai lampu-mata-otak, merupakan sinyal seketika proporsional terkait dengan sensasi visual flicker. Itu persis tujuan dari instrumen: untuk menyediakan metode pengukuran yang bisa berhubungan fluktuasi tegangan ke unit sensasi visual.

Nilai absolut dari sinyal ini harus dikonversi ke per unit nalar dengan skala itu ke nilai ambang nalar. Ambang batas nalar diberikan oleh fluktuasi tegangan sinusoidal dari 0,25 amplitudo% dan 8,8 frekuensi Hz, sehingga seperti fluktuasi tegangan memberikan satu unit nalar sebagai output dari blok 4. Oleh karena itu, satu unit output sesuai dengan ambang batas nalar visual yang dari flicker terjadinya. nilai output yang lebih tinggi berarti bahwa berkedip lebih dari dimengerti dan bisa menjadi mengganggu atau tak tertahankan.

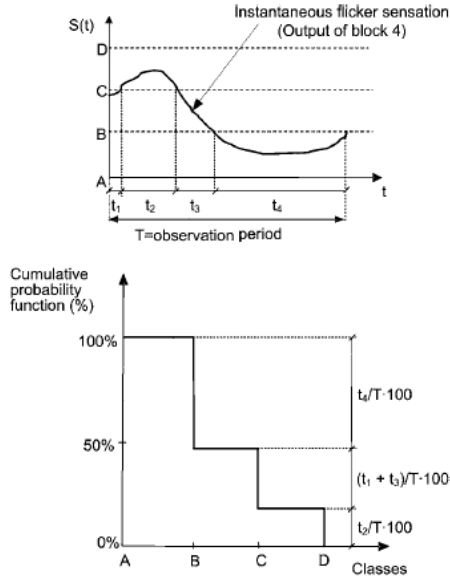
2.4.1.5 Blok 5: Evaluasi Statistik

Mengingat mekanisme visi dan flicker tampak jelas bahwa evaluasi flicker harus dilakukan selama periode yang cukup representatif waktu. Selain itu, perlu untuk memperhitungkan bahwa berkedip biasanya memiliki sifat acak dan nilai sesaat yang dapat bervariasi.

Oleh karena itu, untuk menandai tingkat flicker benar perlu untuk menentukan untuk apa persentase dari periode observasi yang dipilih tingkat flicker diberikan telah terlampaui. Metode evaluasi yang disepakati berdasarkan perhitungan P_{st} dan P_{lt} .

Untuk menghitung P_{st} , fungsi probabilitas kumulatif sesaat sensasi flicker (dinormalisasi output blok 4) selama periode pengamatan 10 menit harus dievaluasi. Analisis ini dapat dilakukan dengan blok 5 *on-line* atau *off-line* pada rekaman output. nilai-nilai yang sampel dari sensasi flicker harus didistribusikan di sejumlah kelas. Setiap kali nilai terjadi, counter dari kelas yang sesuai dengan nilai yang bertambah satu unit. Dengan cara ini, fungsi distribusi dari nilai-nilai masukan diperoleh dan fungsi probabilitas kumulatif digunakan di blok 5 dapat diperoleh. Pembangunan fungsi probabilitas ini dijelaskan dengan cara (gambar 2.10) di mana situasi disederhanakan telah diasumsikan dan nilai-nilai yang didistribusikan hanya dalam empat kelas. Sebuah perhitungan yang lebih realistis dan

akurat harus mempertimbangkan jumlah yang jauh lebih besar dari kelas.



Gambar 2.10 Perhitungan kumulatif fungsi probabilitas

Setelah fungsi probabilitas kumulatif telah dihitung, sejumlah titik dari fungsi ini dipilih untuk menghitung P_{st} . Sesuai dengan spesifikasi IEC, rumus berikut digunakan untuk perhitungan seperti:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_{1s} + 0.0657P_{3s} + 0.28P_{10s} + 0.08P_{50s}} \quad \dots(2.6)$$

dimana persentil $P_{0.1}$, P_{1s} , P_{3s} , P_{10s} , P_{50s} adalah tingkat flicker melebihi selama 0,1, 1, 3, 10 dan 50% dari waktu periode observasi. Akhiran dalam rumus menunjukkan bahwa nilai-nilai merapikan harus digunakan; ini diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_{1s} = (P_{0.7} + P_1 + P_{1.5})/3 \quad \dots(2.7)$$

$$P_{3s} = (P_{2.2} + P_3 + P_4)/3 \quad \dots(2.8)$$

$$P_{10s} = (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5 \quad \dots(2.9)$$

$$P_{50s} = (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3 \quad \dots(2.10)$$

Hal ini dapat dilihat bahwa tingkat sensasi flicker maksimum diamati selama interval tidak dipertimbangkan untuk perhitungan P_{st} . Hal ini disebabkan fakta bahwa tingkat puncak tunggal durasi yang sangat pendek tidak dapat mewakili kejadian flicker dan dapat menyebabkan nilai yang berlebihan.

2.4.2 Penggunaan Flickermeter ^[3]

Flicker adalah gangguan yang berhubungan langsung dengan tegangan variasi dan, karena itu, flicker pengukuran instrument harus selalu mengambil tegangan sebagai masukan. Ketika pengukuran ditujukan untuk menilai tingkat emisi beban individu terhubung ke jaringan, metode ini dapat menyebabkan kesalahan, karena pengukuran tegangan termasuk gangguan latar belakang yang tidak disebabkan oleh beban dipertimbangkan. Untuk menghindari pengaruh ini, beberapa pendekatan dapat diambil. Yang pertama didasarkan pada pengukuran tingkat flicker pada titik kopling umum (PCC) di bawah dua kondisi yang berbeda:

- dengan beban berfluktuasi dari konsumen terhubung;
- dengan beban berfluktuasi terputus.

Tingkat flicker diukur dalam situasi kedua ini tidak disebabkan oleh koneksi beban dan, karena itu, dapat diasumsikan sebagai tingkat latar belakang flicker. Oleh karena itu, nilai ini harus dikurangi dari yang pertama yang diukur ketika beban terhubung. pengurangan ini harus dilakukan atas dasar hukum agregasi flicker yang tepat yang akan dijelaskan di bawah ini.

Metode ini dapat diterapkan dengan akurasi yang dapat diterima ketika latar belakang tingkat P_{st} ada di PCC adalah low.3. Namun, penting untuk melihat bahwa pengukuran tidak dilakukan secara bersamaan dan, karena itu, perubahan dalam topologi jaringan atau dalam kondisi operasi dapat mempengaruhi hasil. Dalam situasi ini, pendekatan yang lebih rumit harus diterapkan.

Metode alternatif adalah untuk mencatat saat ini diserap oleh beban, dan menghitung tegangan dengan menyuntikkan saat ini menjadi model dari sistem pasokan (yang harus mencakup sistem impedansi) dengan cara simulasi.

IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-5 dan IEC 61000-3-11 mendefinisikan metode pengujian berdasarkan pemanfaatan impedansi referensi untuk menilai tingkat emisi individu peralatan yang terhubung ke sistem LV.

Menurut IEC 61000-4-30, flicker pengukuran dimaksudkan untuk memverifikasi kepatuhan batas flicker harus dilakukan dengan durasi minimal satu minggu. Dari nilai-nilai P_{st} diukur selama seminggu observasi, fungsi probabilitas kumulatif P_{st} dan nilai-nilai P_{lt} harus diperoleh. 99% persen dari P_{st} dan P_{lt} , disebut P_{st} 99% dan P_{lt} 99%, masing-masing, harus berasal dari kurva ini.

Dalam sistem pasokan, persentil P_{st} 99% dan P_{lt} 99% tidak boleh melebihi tingkat perencanaan ditentukan oleh utilitas pasokan untuk semua tingkat tegangan dari sistem. Ini tingkat perencanaan, yang dapat dianggap sebagai sasaran mutu internal utilitas, dapat mengambil nilai yang berbeda dari kasus ke kasus. Untuk alasan ini, hanya nilai indikatif dapat diberikan. tabel 2.1 menunjukkan tingkat perencanaan indikatif yang disediakan oleh IEC 61000-3-7. tingkat perencanaan harus selalu sama dengan atau kurang dari tingkat kompatibilitas yang ditunjukkan pada tabel 2.2 untuk flicker di LV dan MV sistem. IEC 61000-3-7 menganggap P_{st} sama atau kurang dari 0,5 sebagai nilai indikatif untuk menerapkan metode ini dengan cukup akurat.

Tabel 2.1 Tingkat perencanaan indikasi untuk P_{st} dan P_{lt} pada system MV, MH dan EHV

	Planning levels	
	MV	HV and EHV
P_{st}	0.9	0.8
P_{lt}	0.7	0.6

Tabel 2.2 Tingkat kompatibilitas untuk P_{st} dan P_{lt} pada system LV dan MV

	Compatibility levels
P_{st}	1.0
P_{lt}	0.8

Batas emisi flicker untuk beban berfluktuasi individu harus ditentukan untuk menjamin bahwa total injeksi flicker dari semua konsumen tidak mengakibatkan tingkat flicker melebihi tingkat perencanaan. IEC 61000-3-7 memberikan dasar untuk menentukan

persyaratan untuk menghubungkan beban berfluktuasi besar untuk tingkat MV dan HV. IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-5 dan IEC 61000-3-11 memberikan batas emisi untuk peralatan terhubung ke LV sistem.

Dalam sistem pasokan polyphase, perhatian harus dibayarkan kepada metode koneksi dari flickermeter tersebut. Jika sistem ini sangat seimbang, pengukuran flicker akan sama dalam tiga fase, dan garis-to-line atau garis-to-netral pengukuran akan memberikan hasil yang sama. Namun, jika sumber flicker tidak seimbang (misalnya, fase tunggal mesin las) perlu untuk mengukur tingkat berkedip dalam tiga tahap dan kasus terburuk harus dipertimbangkan.

Secara umum, jika pengukuran flicker dimaksudkan untuk menilai apakah beratnya flicker diterima atau tidak di situs LV, pengukuran flicker harus dilakukan untuk perwakilan sinyal tegangan (*line-to-line* atau *line-to-netral*) yang akhirnya memberi makan sistem pencahayaan.

2.4.3 Metode Sederhana untuk P_{st} Assesment^[3]

Idealnya, cara yang paling mudah untuk menilai tingkat flicker adalah penggunaan flickermeter. Namun, ini adalah metode yang valid hanya bila flicker keparahan dianalisis disebabkan oleh beban yang sudah beroperasi dan terhubung ke sistem pasokan. Sebaliknya, pengukuran langsung tidak dapat diterapkan dalam desain atau perencanaan tahap instalasi. Dalam kasus ini, beberapa metode prediksi yang diperlukan untuk memastikan bahwa batas flicker keparahan tidak terlampaui dan untuk menentukan strategi mitigasi mungkin dalam kasus mereka diperlukan. Bagian ini memberikan gambaran tentang beberapa pendekatan praktis yang dapat diambil untuk memprediksi flicker. Pendekatan ini, yang didasarkan pada indikasi yang tersedia umumnya terdiri dari tiga langkah:

- a. Perhitungan perubahan relatif maksimum tegangan, d , yang dihasilkan oleh beban berfluktuasi.
- b. Perhitungan keparahan flicker yang disebabkan oleh perubahan tegangan.
- c. Penambahan flicker yang berasal dari berbagai sumber.

Selanjutnya, tiga langkah ini dijelaskan secara lebih rinci.

2.4.3.1 Penilaian Perubahan Tegangan Relatif

Sebuah prasyarat dasar untuk perhitungan flicker adalah penentuan perubahan tegangan relatif yang dihasilkan oleh beban

dinyatakan sebagai rasio persen dari tegangan nominal. Di mana tidak dapat diukur, harus dihitung dari pasokan dan beban data. Untuk beban tiga fase seimbang, relatif perubahan tegangan d% dari tegangan fase-ke-netral dan tegangan fase-ke-fase adalah sama dan dapat dihitung kurang lebih sebagai.

$$d = \frac{\Delta U}{U_N} 100 \% \cong \frac{\Delta S_i}{S_{sc}} 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

di mana ΔS_i adalah perubahan beban daya semu dan S_{sc} adalah kekuatan arus pendek jaringan makan pada titik kopling umum. Jika aktif serta bagian reaktif dari perubahan beban diketahui, perubahan tegangan relatif dapat dihitung lebih akurat dengan menggunakan resistif dan bagian induktif dari impedansi jaringan:

$$d = \frac{R_s \cdot \Delta P_i + X_s \cdot \Delta Q_i}{U_N^2} 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana R_s adalah bagian resistif impedansi jaringan; X_s adalah reaktansi impedansi jaringan; PBB adalah tegangan nominal; ΔP_i dan ΔQ_i masing-masing adalah, perubahan daya aktif dan reaktif beban.

$$d = \frac{R_s \cdot \Delta P_i}{U_N^2} 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

Analog, drop tegangan yang disebabkan oleh elemen reaktif (misalnya, koneksi dan pemutusan kapasitor) dapat dihitung dengan:

$$d = \frac{X_s \cdot \Delta Q_i}{U_N^2} 100 \% \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

Ketika perubahan tegangan disebabkan oleh beban dua fase (misalnya mesin las), penurunan tegangan fase-ke-netral dapat dihitung dengan mudah memperbaiki ekspresi sebelumnya.

2.4.3.2 Perhitungan Tingkat Keparahan Flicker

Setelah perubahan tegangan relatif yang disebabkan oleh beban diketahui, P_{st} dapat diperkirakan melalui dua metode, sebagai berikut.

2.5.3.2.1 Unity Flicker Severity Curve Method

Metode ini memanfaatkan fakta bahwa jangka pendek flicker keparahan adalah parameter linear sehubungan dengan besarnya perubahan tegangan yang menyebabkan hal tersebut. Untuk menerapkan metode ini, persen tegangan relatif perubahan d (yang dapat diperkirakan seperti yang dijelaskan sebelumnya) dan r tingkat pengulangan perubahan tegangan ini harus diketahui. Jika fluktuasi tegangan dijelaskan oleh frekuensi, ini berarti bahwa tingkat pengulangan dari fluktuasi tegangan, r , adalah dua kali nilai, yaitu 1 Hz sesuai dengan dua perubahan per detik. Mengganti r , dinyatakan sebagai jumlah perubahan tegangan per menit, ke dalam kurva keparahan (gambar 2.11) untuk langkah-langkah persegi panjang memberikan pada koordinat perubahan tegangan $d_o = \Delta U/U$ (%) yang menghasilkan $P_{sto} = 1$. Jika langkah perubahan tegangan dihitung untuk beban memiliki nilai d , kerlip keparahan sesuai dengan:

$$P_{st} = P_{sto} \frac{d}{d_o} = \frac{d}{d_o} \dots\dots\dots(2.15)$$

2.5.3.2.2 Metode Analisa

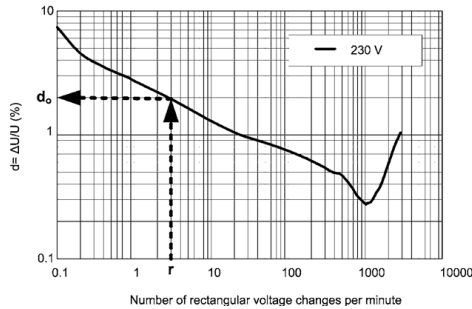
Metode ini disajikan dalam IEC 61000-3-3. Hal ini didasarkan pada perhitungan yang disebut waktu flicker, t_f , yang merupakan besarnya dimensi waktu yang menggambarkan kesan flicker yang disebabkan oleh variasi tegangan tunggal. Nilai ini dihitung dengan cara ekspresi berikut:

$$t_f = 2.3 (d \cdot F)^{3.2} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana d adalah perubahan tegangan relatif dinyatakan dalam rasio persen sehubungan dengan tegangan nominal dan F merupakan faktor kesetaraan, tergantung pada bentuk fluktuasi tegangan. Faktor ini merupakan salah satu unit perubahan tegangan persegi panjang dan nilai untuk bentuk lainnya (fluktuasi periodik sinusoidal, landai, langkah ganda, persegi panjang dan pulsa segitiga) dapat diturunkan dari kurva tersedia di IEC 61000-3-7. Faktor 2.3 termasuk dalam rangka mencapai sesuai dengan kurva flicker (gambar 2.11). Penambahan semua kali flicker, t_f , dalam total interval waktu, T_p , adalah dasar dari penilaian P_{st} . P_{st} karena berasal dari mempertimbangkan secara independen gangguan

yang dibuat oleh masing-masing variasi tegangan dan kemudian menambahkan efek mereka dengan hukum yang sesuai penambahan flicker. Ekspresi yang diusulkan untuk perhitungan P_{st} adalah

$$P_{st} = \left(\frac{\sum t_f}{T_p} \right)^{1/3.2} \dots\dots\dots(2.17)$$



Gambar 2.11 Pemanfaatan kurva $P_{st} = 1$ perubahan tegangan *rectangular* sebesar 60

Waktu T_p harus dinyatakan dalam detik dan untuk perhitungan P_{st} , periode observasi ini harus 10 menit. Eksponen 3.2 berasal dari salah satu koefisien yang diusulkan untuk penambahan flicker yang akan dijelaskan pada bagian berikut. metode analisis ini dianjurkan untuk bentuk yang disebutkan di atas dari variasi tegangan dan hanya ketika waktu berlalu antara perubahan tegangan lebih dari 1 (yaitu waktu antara akhir variasi tegangan dan awal yang berikut ini lebih 1s) . Jika tidak, ada kemungkinan besar perubahan tegangan bertepatan dan hukum flicker penjumlahan terlibat dalam akan salah.

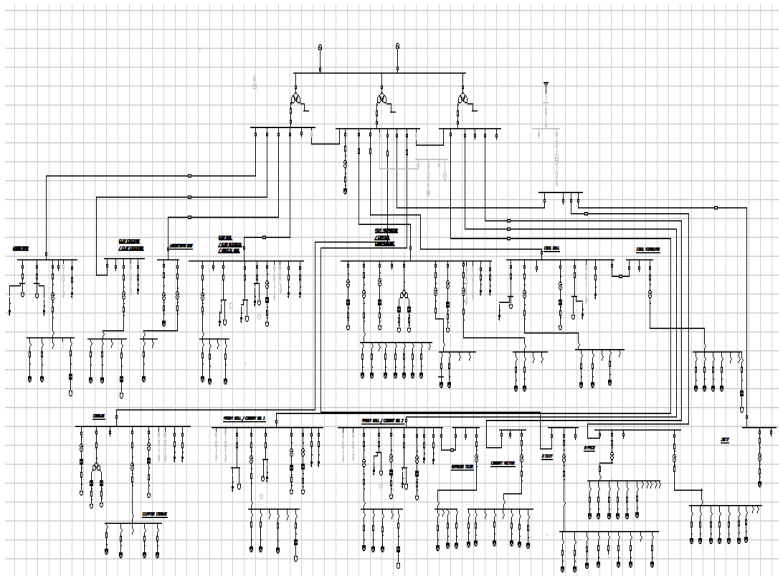
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

SISTEM KELISTRIKAN PT. SEMEN INDONESIA PABRIK ACEH

3.1 Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh

Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh memiliki total beban 45,2 MW. Terbagi menjadi 3 macam design sistem kelistrikan. Antara lain sistem kelistrikan yang menggunakan sumber utama dari PLN, Sistem kelistrikan yang menggunakan sumber dua buah generator, dan sistem kelistrikan yang menggunakan sumber kombinasi yaitu antara PLN dengan generator. Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh memiliki beberapa level tegangan, yaitu tegangan terbangkit sebesar 11 kV, level tegangan menengah 6.3 kV dan level tegangan rendah 0.4 kV. Adapun *Single Line Diagram* sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh yang akan dijadikan acuan sebagai bahan pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Single Line Diagram* PT. Semen Indonesia pabrik Aceh

3.2 Data Sumber Generator

Sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh memiliki sumber energi listrik berupa generator 2 x 35 MW. Adapun data reaktansi generator dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.1 Data reaktansi generator

no	Generator	MW	Kv	pf	Reactance (%)	
					Xd''	Xd'
1	841BG02	35	11	80	19	28
2	841BG03	35	11	80	19	28

3.3 Data Beban dan Trafo

Pada sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh terdapat berbagai macam jenis beban diantaranya adalah beban motor-motor dan *lump load*. Selain beban di atas ada pula trafo-trafo dengan berbagai rating yang berbeda. Pada tabel data di bawah akan disajikan data untuk motor-motor berkapasitas besar dan juga data trafo. Berikut adalah data beban dan motor yang dimaksud:

Tabel 3.2 Motor-motor besar

no	Motor ID	Lokasi	KW	kV	Impedansi	
					LRC (%)	X/R ratio
1	344FN03M 01-1	RAW MILL	7100	6.3	458,7	8,848
2	344RM01M 01-1	RAW MILL	5350	6.3	531,7	7,509
3	547RM01M 01-1	CEMENT MILL 1	5600	6.3	531,7	7,509
4	548RM01M 01-1	CEMENT MILL 1	5600	6.3	552,5	7,145

3.3.1 Trafo

Sistem distribusi adalah kesatuan peralatan yang bekerja menyalurkan tenaga listrik dari sumber ke beban. Sistem distribusi yang digunakan pada PT. Semen Indonesia pabrik Aceh adalah sistem distribusi radial. Sistem distribusi menggunakan tegangan menengah 6.3 kV. Tegangan menengah ini akan diturunkan dengan trafo *step down* menjadi tegangan rendah 0.4 kV. Data impedansi trafo dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data impedansi trafo

no	Trafo ID	Lokasi	MVA	kV	Impedansi	
					Z (%)	X/R ratio
1	811TX01	Main Bus	30	11/ 6,3	12.5	30
2	811TX02	Main Bus	30	11/ 6,3	12.5	30
3	811TX03	Main Bus	30	11/ 6,3	12.5	30
4	831TM01.1	Limestone	2,5	6,3/ 0,4	7	10,67
5	831TM02.1	Clay Crusher	2,5	6,3/ 0,4	7	10,67
6	321RR 01	Limestone Mix	0,63	6,3/ 0,4	7	7,1
7	831TM03.1	Limestone Mix	2,5	6,3/ 0,4	7	7,1
8	831TM04.1	Raw Mill	3	6,3/ 0,4	7	10,67
9	341SR01TM1	Raw Mill	0,63	6,3/ 0,7	7	4,7
10	821TM01	821MV021	1	6,3/ 0,4	7	4,7
11	341FN06TM1	KILN Preheater	3,8	6,3/ 1,835	7	10,67
12	831TM053	KILN Preheater	2,5	6,3/ 0,4	7	10,67

Tabel 3.3 Data impedansi trafo (lanjutan)

no	Trafo ID	Lokasi	MVA	kV	Impedansi	
					Z (%)	X/R ratio
13	441FN01TM1	KILN Preheater	3,8	6,3/ 1,92	7	10,67
14	441KL01TM1	KILN Preheater	2,5	6,3/ 0,7	7	7
15	831TM052	KILN Preheater	3	6,3/ 0,4	7	10,67
16	441FN02TM1	KILN Preheater	3,8	6,3/ 1,835	7	10,67
17	831TM051	KILN Preheater	2,5	6,3/ 0,4	7	7,098
18	831TM054	Coal Mill	2,5	6,3/ 0,4	7	10,67
19	471FN03TM1	Coal Mill	0,63	6,3/ 0,7	7	5,79
20	831TM06.1	Coal Handling	1,6	6,3/ 0,4	7	10,67
21	831TM13.1	Jety	2,5	6,3/ 0,4	7	7,1
22	831TM12.2	831MV121	2,5	6,3/ 0,4	7	7,1
23	831TM12.1	831MV121	1,6	6,3/ 0,4	7	7,1
24	831TM11.1	831MV111	2,5	6,3/ 0,4	7	7,1
25	831TM10.1	831MV101	2,5	6,3/ 0,4	7	7,1
26	831TM09.1	831MV091	1,6	6,3/ 0,4	7	10,67
27	542FN05TM1	Cement Mill 2	3,8	6,3/ 1,835	7	11,41
28	542SR01TM1	Cement Mill 2	0,5	6,3/ 0,725	7	4,7
29	831TM08.2	Cement Mill 2	2,5	6,3/ 0,4	7	7,1

Tabel 3.3 Data impedansi trafo (lanjutan)

no	Trafo ID	Lokasi	MV A	kV	Impedansi	
					Z (%)	X/R ratio
30	541FN05TM1	Cement Mill 1	3,8	6,3/ 1,835	7	11,41
31	541SR01TM1	Cement Mill 1	0,5	6,3/ 0,7	7	4,7
32	831TM08.1	Cement Mill 1	2,5	6,3/ 0,4	7	7,098
33	441FN18TM1	Cooler	1	6,3/ 0,7	7	5,79
34	831TM07.1	Cooler	2,5	6,3/ 0,4	7	10,67
35	831TM07.2	Cooler	5,3	6,3/ 0,7	7	7
36	441FN19TM1	Cooler	0,6	6,3/ 0,7	7	3,96

3.4 Pemodelan Case

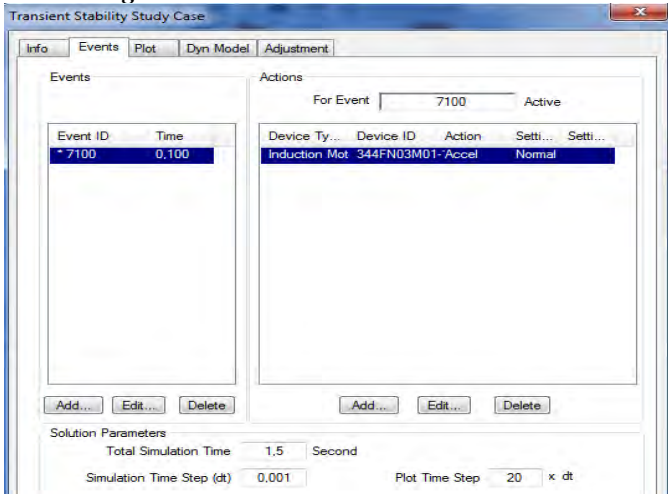
Pemodelan case yang dilakukan pada PT. Semen Indonesia pabrik Aceh ini adalah pemodelan-pemodelan case yang memungkinkan untuk terjadinya flicker. Diantaranya adalah starting motor, Pelepasan sumber (generator), hubung singkat, maupun kombinasi. Kombinasi yang dimaksud adalah menggabungkan antara case satu dengan case yang lain. Adapun case yang menjadi acuan adalah case dari motor starting.

3.4.1 Motor Starting

Pada sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh terdapat empat buah beban motor berkapasitas besar. Dimana dua buah motor ada pada Raw Mill dengan bus ID 831MV041 yang masing masing berkapasitas 7100 KW dan 5350 KW. Sedangkan dua buah sisanya masing masing ada pada bagian cement mill 1 dan cement mill 2 dengan kapasitas daya 5600 KW masing-

masing. Adapun mode yang digunakan dalam running case ini adalah dengan mode analisa transient stability.

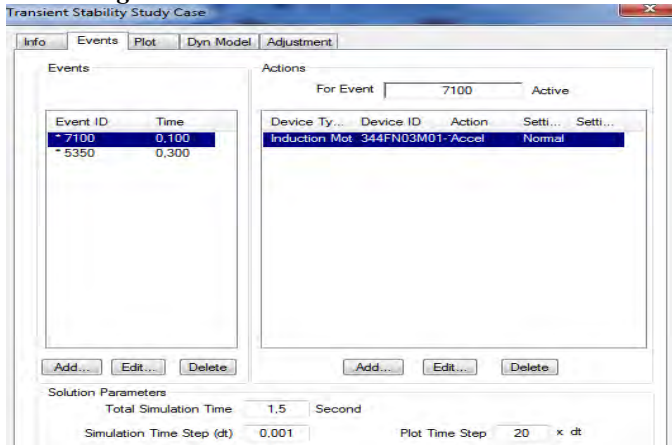
3.4.1.1 *Starting Satu Buah Motor*



Gambar 3.2 *Event case starting satu buah motor*

Untuk membuat case ini, pada menu transient stability events nya disetting. Pada event id karena menggunakan starting satu buah motor maka dipilih motor berkapasitas paling besar yaitu 7100 KW. Untuk waktu yang dipilih adalah 0,1 s dengan durasi waktu sampling simulasi selama 1,5 s. Motor ini terletak pada bus 831MV041.

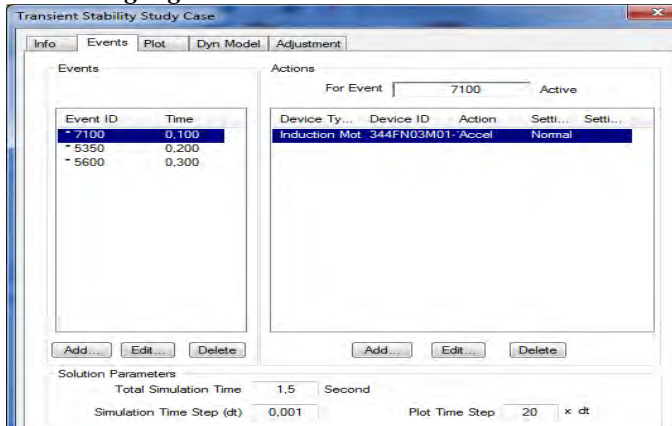
3.4.1.2 *Staring dua buah motor*



Gambar 3.3 Event case starting dua buah motor

Untuk membuat case ini, pada menu transient stability events nya disetting. Pada event id karena menggunakan starting dua buah motor maka dipilih motor berkapasitas besar yaitu 7100 KW dan 5350 KW. Untuk waktu yang dipilih adalah 0,1 s dan 0,3 s dengan durasi waktu sampling simulasi selama 1,5 s. Motor ini terletak pada bus 831MV041.

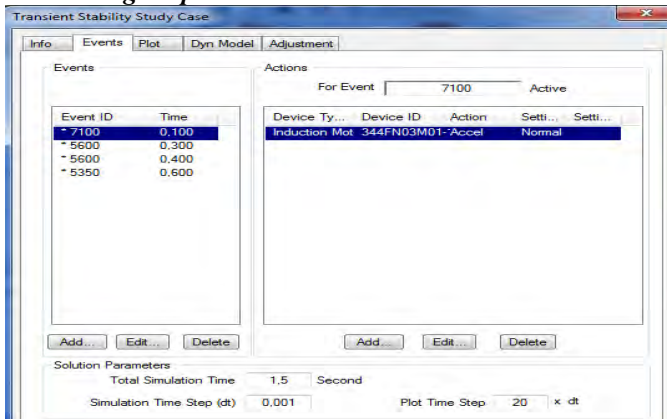
3.4.1.3 *Starting Tiga Buah Motor*



Gambar 3.4 Event case starting tiga buah motor

Untuk membuat case ini, pada menu transient stability events nya disetting. Pada event id karena menggunakan starting tiga buah motor maka dipilih motor berkapasitas paling besar yaitu 7100 KW, 5350 KW, dan 5600KW. Untuk waktu yang dipilih adalah 0,1 s, 0,2 s dan 0,3 s dengan durasi waktu sampling simulasi selama 1,5 s. Motor ini terletak pada bus 831MV041 & 831MV051.

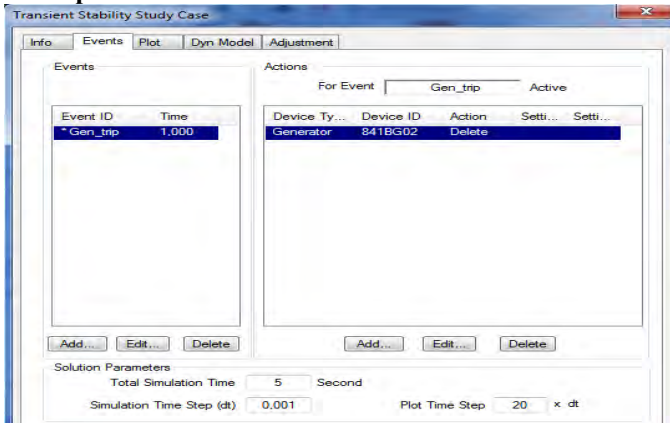
3.4.1.4 *Starting Empat Buah Motor*



Gambar 3.5 *Event case starting empat buah motor*

Untuk membuat case ini, pada menu transient stability events nya disetting. Pada event id karena menggunakan starting empat buah motor maka dipilih motor 7100 KW, 5350 KW, 5600 KW dan 5600KW. Untuk waktu yang dipilih adalah 0,1 s, 0,3 s, 0,4 s dan 0,6 s dengan durasi waktu sampling simulasi selama 1,5 s. Motor ini terletak pada bus 831MV041 & 831MV051.

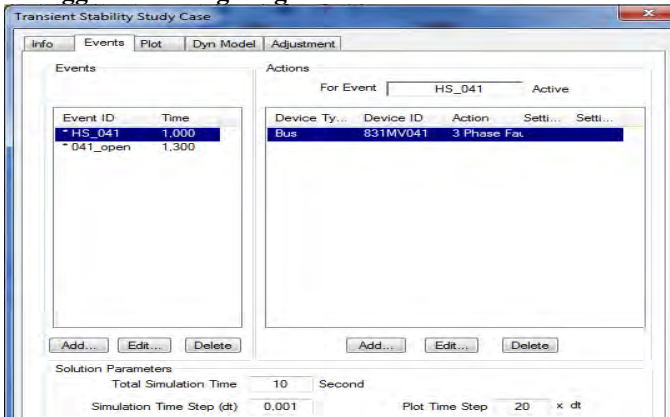
3.4.2 Pelepasan Sumber Generator



Gambar 3.6 Event case pelepasan sumber generator

Untuk case pelepasan sumber generator, salah satu sumber generator dilepas. Generator yang dilepas adalah 841BG01. Waktu yang disetting untuk mengamati proses simulasi ini adalah 5 s. Dimana generator dilepas pada saat detik pertama.

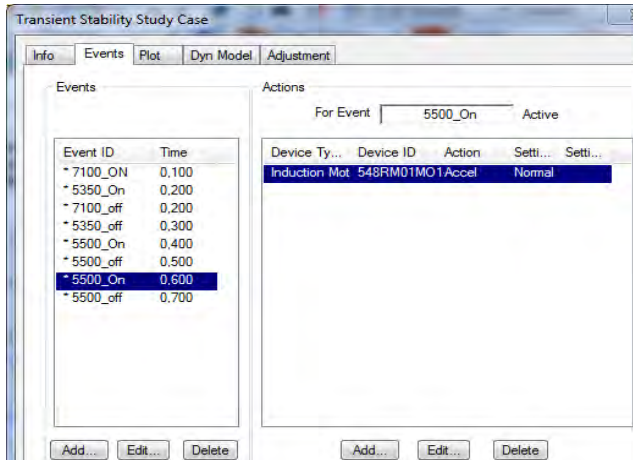
3.4.3 Gangguan Hubung Singkat



Gambar 3.7 Event case starting hubung singkat

Untuk case hubung singkat, pada salah satu bus diberi gangguan hubung singkat. Waktu yang diberikan atau disetting adalah pada detik pertama dimana kemudian diikuti dengan pelepasan CB. Waktu untuk CB bekerja adalah 0,3 s setelah terjadinya gangguan. Waktu yang digunakan dalam mengamati adalah selama 10 s.

3.4.4 On – Off Motor-motor Besar



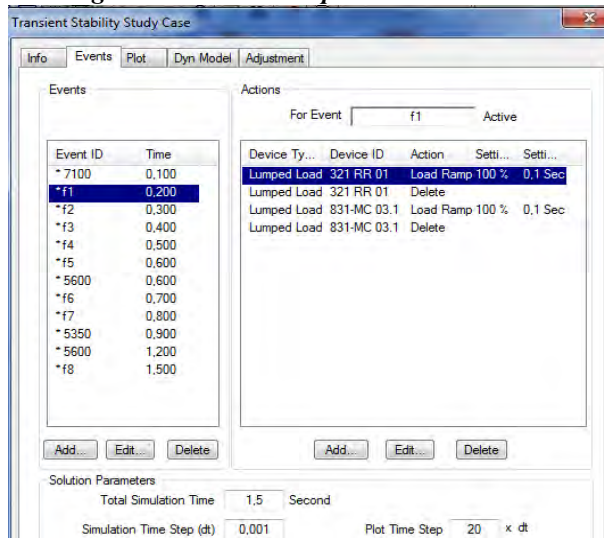
Gambar 3.8 Event case on off motor besar

Pada case on off motor besar maka seluruh motor besar (empat buah) digunakan semua. Metode yang digunakan adalah *menstart* kemudian *mengoff* kan motor motor tersebut secara bergantian dengan periode waktu yang berbeda. Dimulai dari motor yang ada pada bus 831MV041 yaitu motor 7100 KW dan 5350 KW kemudian baru diikuti mtor pada bus 831MV051 dan 831MV052 yang masing masing berkapasitas 5600 KW.

3.4.5 Kombinasi

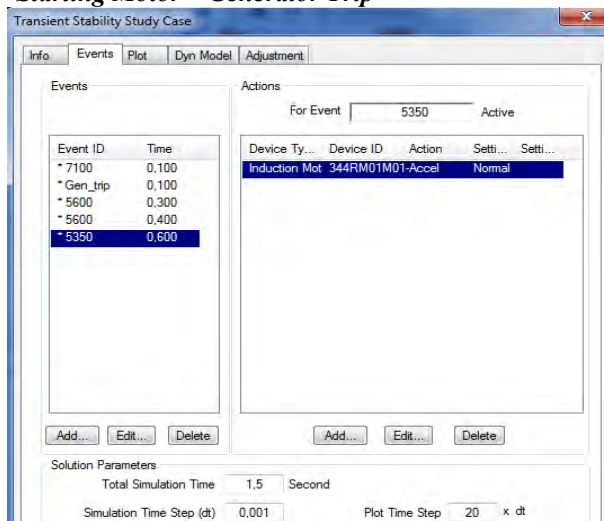
Menu case kombinasi digunakan dengan cara mengkombinasikan antara starting motor dengan load ramp, starting motor dengan generator trip, maupun starting motor dengan gangguan hubung singkat. Menu kombinasi ini menjadi salah satu menu yang diamati dan disimulasikan karena sesuai dengan teori case seperti itu memungkinkan untuk terjadi fluktuasi tegangan / flicker.

3.4.5.1 *Starting Motor – Load Ramp*



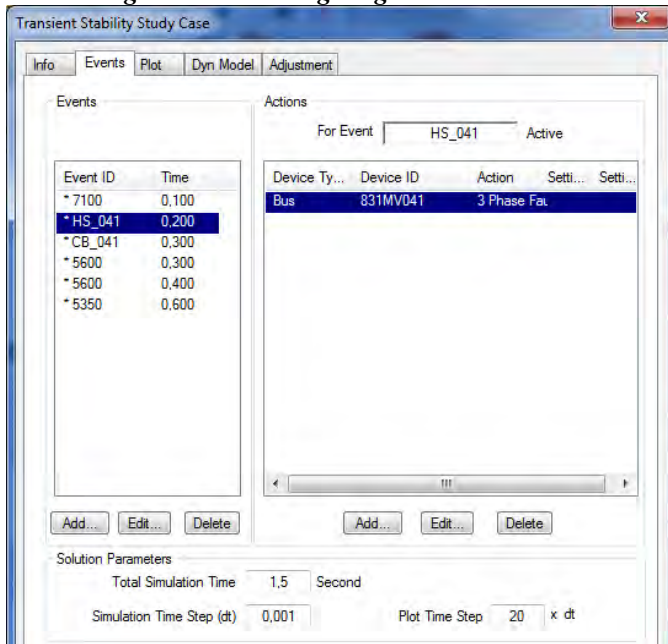
Gambar 3.9 Event case starting motor–load ramp

3.4.5.2 *Starting Motor – Generator Trip*



Gambar 3.10 Event case starting motor–generator trip

3.4.5.3 Starting Motor – Hubung Singkat



Gambar 3.11 Event case starting motor–hubung singkat

BAB 4

HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Hasil Simulasi

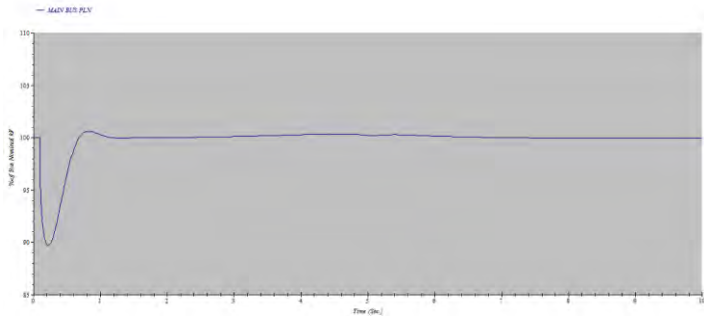
Analisa sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh dilakukan dengan cara membuat *single line diagram* pada *software* simulasi ETAP 12.6. Dalam membuat *single line diagram* dibutuhkan beberapa data peralatan, yaitu data kabel, trafo, generator, motor, dan bus.

Setelah memodelkan sistem dengan membuat *single line diagram* sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh dapat diketahui sistem kelistrikan *existing*. Langkah pertama adalah melakukan *running* aliran daya (*load flow*) untuk mengetahui kondisi sistem yang kemudian dilanjutkan dengan *running* menggunakan menu analisis *transient stability*, sehingga dari analisis tersebut dapat diketahui bagaimana bentuk tampilan gelombang pada bus ketika dijalankan dengan menggunakan *case-case* yang telah dibuat.

4.1.1 Starting Motor

Analisa starting motor dilakukan dengan cara membuat *case-case* seputar penyalaan awal pada motor. Asumsi yang digunakan pada simulasi ini adalah motor di start dengan metode *direct online*. Motor yang disimulasikan pun beragam mulai dengan satu buah motor, dua buah motor, tiga buah motor, hingga empat buah motor dengan waktu start yang berbeda. Ketika starting motor proses tersebut membutuhkan daya yang cukup besar dimana sesuai teori, flicker dapat disebabkan oleh perubahan beban secara tiba-tiba dalam waktu sesaat ataupun lama dengan mengonsumsi daya besar. Drop tegangan pada saat awal start satu buah motor yang diikuti dengan starting motor-motor besar yang lain akan mengakibatkan adanya fluktuasi tegangan/flicker. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan dan perbedaan beban torsi. Saat motor dimulai, sebagian besar tenaga yang ditarik oleh motor adalah reaktif. Akibatnya terjadi penurunan tegangan besar di jalur distribusi yang turut berkontribusi dalam timbulnya flicker.

4.1.1.1 Starting Satu Buah Motor

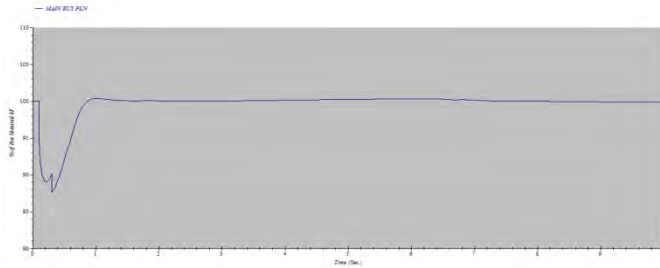


Gambar 4.1 Hasil simulasi *starting* satu buah motor

Tabel 4.1 Data *starting* satu buah motor

Detik	Y
0	99,99
0,1	99,99
0,2	89,81
0,3	90,71
0,4	93,54
0,5	96,42
0,6	98,86
0,7	100,18
0,8	100,59
0,9	100,51
1	99,9

4.1.1.2 Starting Dua Buah Motor



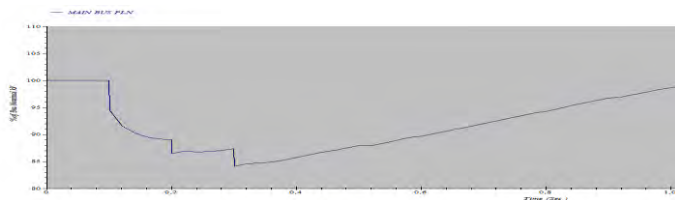
Gambar 4.2 Hasil simulasi *starting* dua buah motor

Tabel 4.2 Data *starting* dua buah motor

Detik	Y
0	99,99
0,1	99,99
0,2	89,09
0,3	90,15
0,4	89,4
0,5	91,87
0,6	94,83
0,7	97,57
0,8	99,37
0,9	100,18
1	100,02

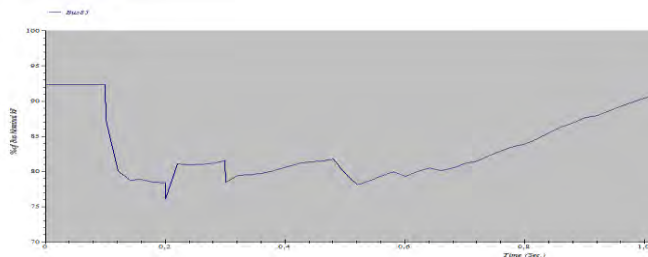
4.1.1.3 Starting Tiga Buah Motor

— Main Bus PLN



Gambar 4.3 Hasil simulasi *starting* tiga buah motor

– Bus 85



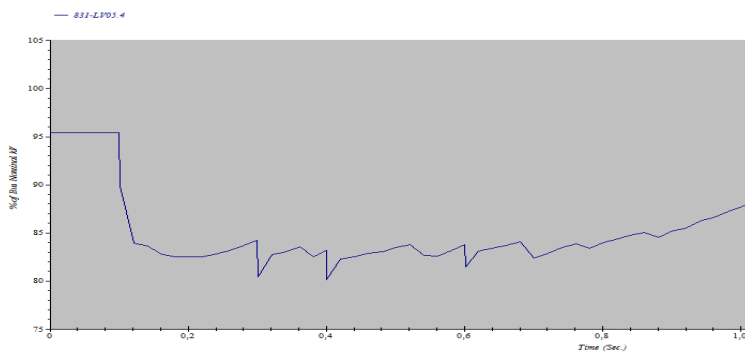
Gambar 4.4 Hasil simulasi *starting* tiga buah motor

Tabel 4.3 Data *starting* tiga buah motor

Main Bus PLN		Bus 85	
Detik	Y	Detik	Y
0,1	99,9	0,1	92,36
0,3	87,34	0,3	81,52
0,5	87,96	0,5	79,70
0,7	92,02	0,7	81,13
0,8	94,3	0,8	83,90
1	98,69	1	90,44

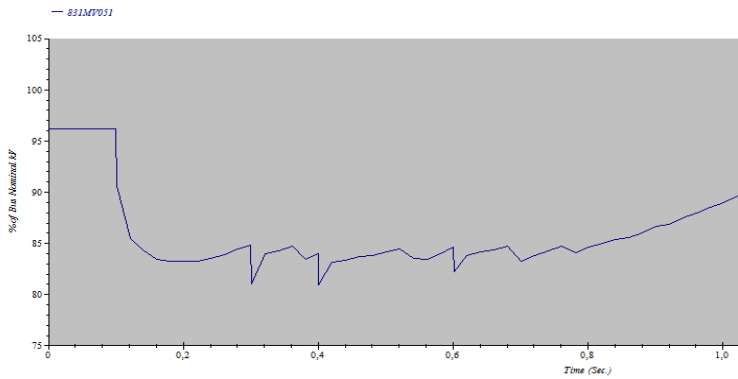
4.1.1.4 Starting Empat Buah Motor

– Bus 831 LV 054



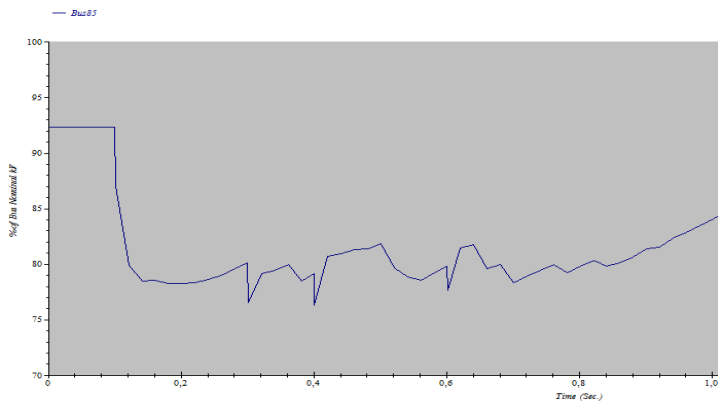
Gambar 4.5 Hasil simulasi *starting* empat buah motor

— Bus 831 MV 051



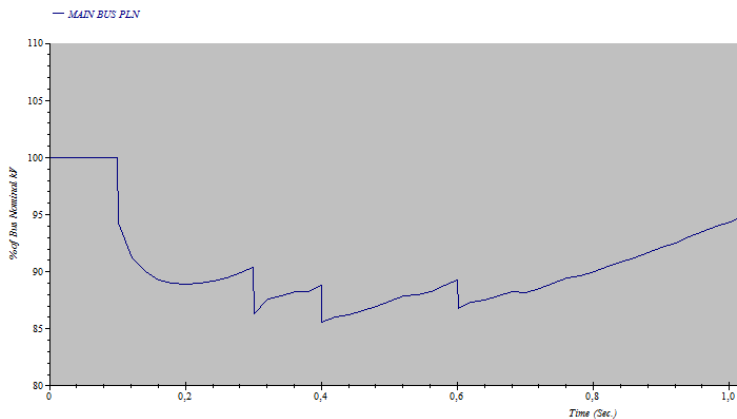
Gambar 4.6 Hasil simulasi *starting* empat buah motor

Bus 85



Gambar 4.7 Hasil simulasi *starting* empat buah motor

— Main Bus PLN



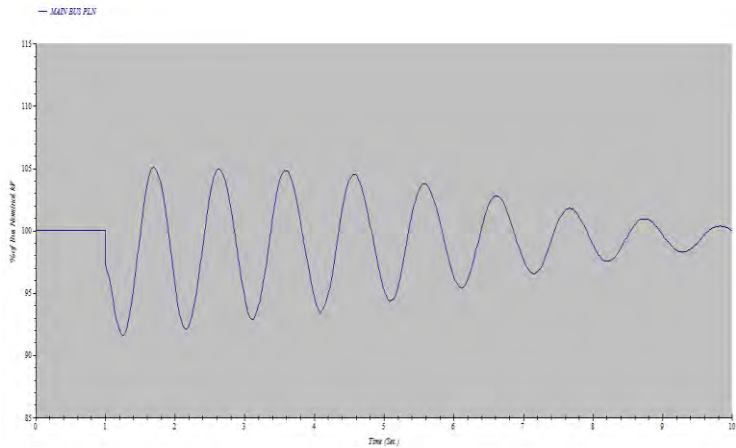
Gambar 4.8 Hasil simulasi *starting* empat buah motor

Tabel 4.4 Data *starting* empat buah motor

Bus 831 LV 054		Bus 831 MV 051	
Detik	Y	Detik	Y
0,1	95,42	0,1	90,72
0,3	84,20	0,3	80,83
0,5	83,48	0,5	80,21
0,7	82,38	0,7	79,33
0,8	83,96	0,8	80,61
1	87,70	1	83,04
Main Bus PLN		Bus 85	
Detik	Y	Detik	Y
0,1	100	0,1	92,36
0,3	90,35	0,3	80,11
0,5	87,44	0,5	81,79
0,7	88,15	0,7	78,34
0,8	90,04	0,8	79,85
1	94,39	1	84,04

4.1.2 Pelepasan Sumber (Generator)

- Main Bus PLN

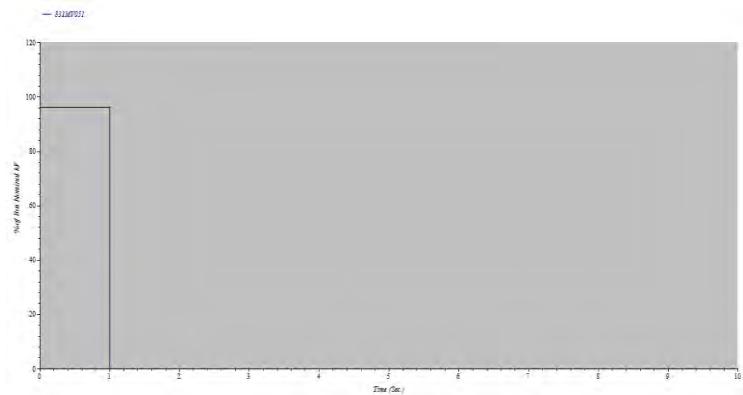


Gambar 4.9 Hasil simulasi pelepasan sumber generator

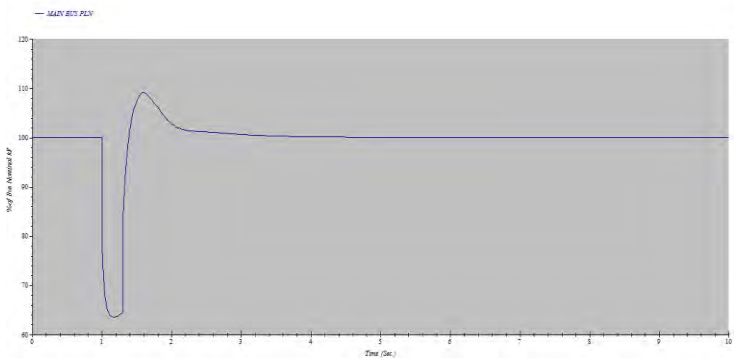
Tabel 4.5 Data simulasi pelepasan sumber generator

No	Detik	Y
1	1	100
2	2	95,74
3	3	94,53
4	4	94,57
5	5	95,21
6	6	96,32
7	7	97,64
8	8	98,82
9	9	99,63
10	10	99,97

4.1.3 Hubung Singkat



Gambar 4.10 Hasil simulasi hubung singkat



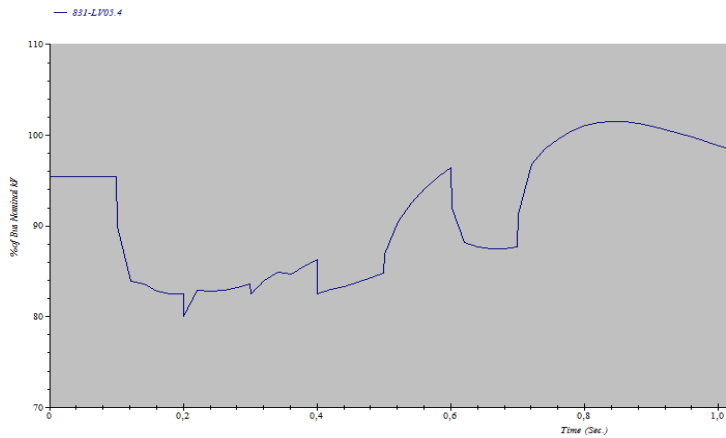
Gambar 4.11 Hasil simulasi hubung singkat

Tabel 4.6 Data simulasi hubung singkat

Bus 831 MV 051		Main Bus PLN	
Detik	Y	Detik	Y
1	96,20	1	100
3	0	3	100,67
5	0	5	100,01
7	0	7	100,07
10	0	10	100,07

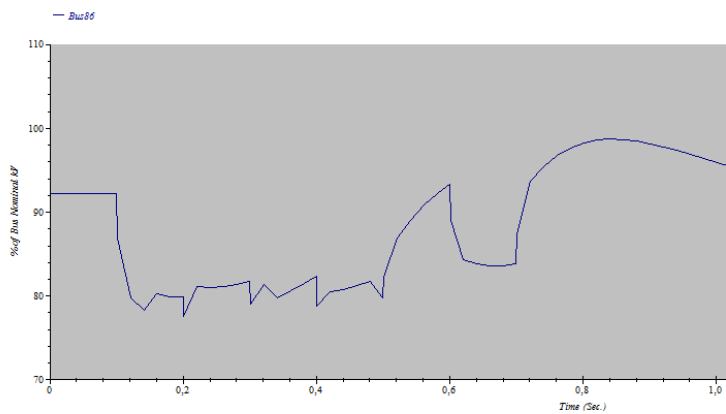
4.1.4 On-Off Motor Besar

— Bus LV 054



Gambar 4.12 Hasil simulasi *on-off* motor besar

— Bus 86



Gambar 4.13 Hasil simulasi *on-off* motor besar

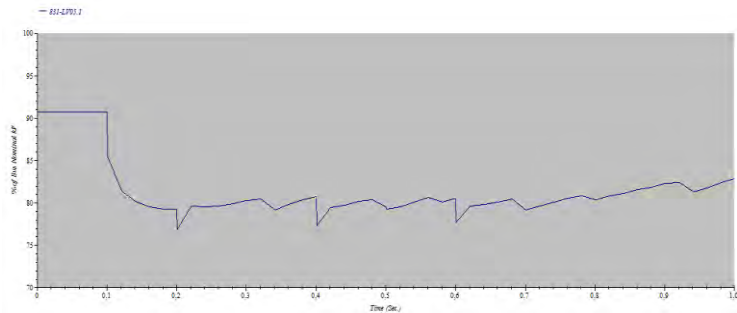
Tabel 4.7 Data *on-off* motor besar

Bus 831 LV 054		Bus 86	
Detik	Y	Detik	Y
0,1	95,42	0,1	92,22
0,3	83,56	0,3	81,77
0,5	84,81	0,5	79,71
0,7	87,66	0,7	83,86
1	98,83	1	95,87

4.1.5 Kombinasi

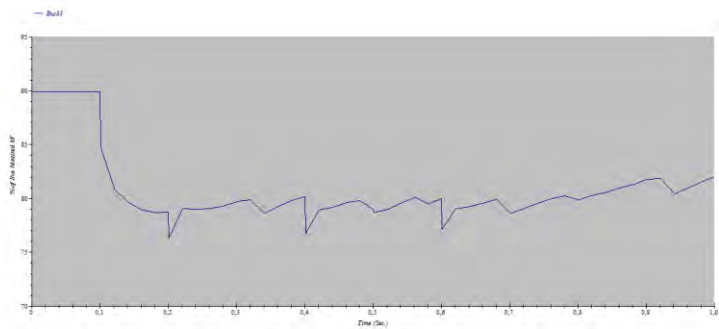
4.1.5.1 Starting Motor – Load Ramp

- Bus LV 051



Gambar 4.14 Hasil simulasi *starting* motor-load ramp

- Bus 83

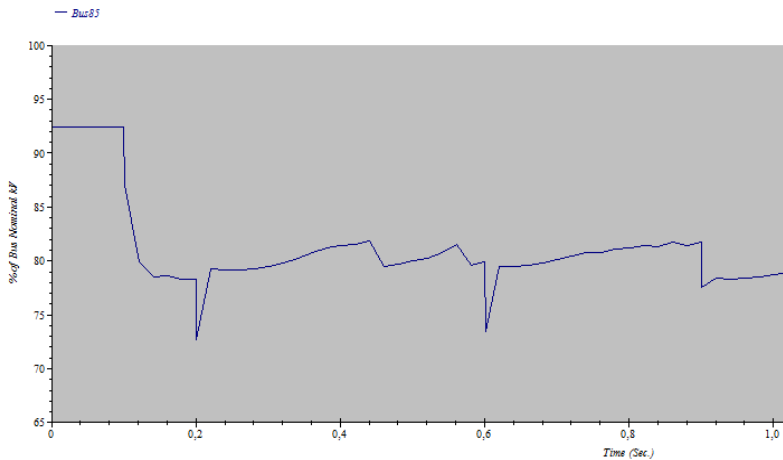


Gambar 4.15 Hasil simulasi *starting* motor-load ramp

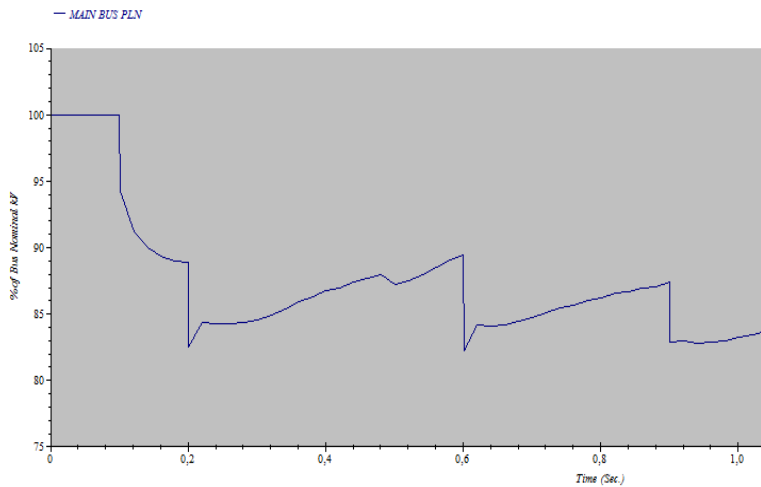
Tabel 4.8 Data *starting* motor-load ramp

Bus 831 LV 051		Bus 83	
Detik	Y	Detik	Y
0,1	90,72	0,1	89,94
0,2	79,26	0,2	78,70
0,3	80,24	0,3	79,67
0,4	80,75	0,4	80,18
0,5	79,53	0,5	78,97
0,6	80,55	0,6	79,98
0,7	79,22	0,7	78,66
0,8	80,40	0,8	79,83
0,9	82,36	0,9	81,78
1	82,84	1	82,01

4.1.5.2 Starting Motor–Generator Trip



Gambar 4.16 Hasil simulasi *starting* motor-generator trip

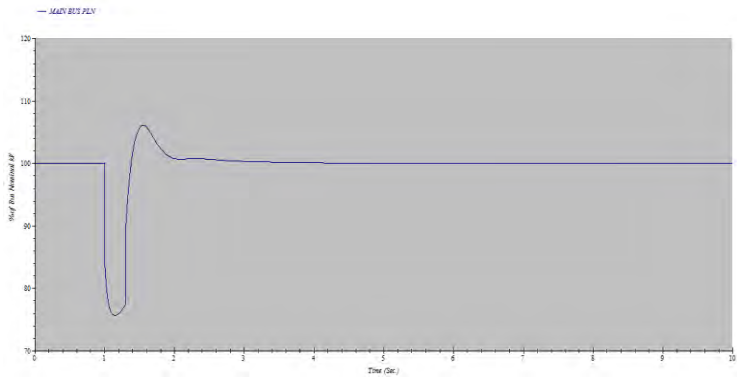


Gambar 4.17 Hasil simulasi *starting motor-generator trip*

Tabel 4.9 Data *starting motor-generator trip*

Bus 85		Main Bus PLN	
Detik	Y	Detik	Y
0,1	92,36	0,1	100
0,2	78,27	0,2	88,92
0,3	79,44	0,3	84,58
0,4	81,44	0,4	86,72
0,5	80,03	0,5	87,26
0,6	79,93	0,6	89,48
0,7	80,08	0,7	84,75
0,8	81,16	0,8	86,20
0,9	81,76	0,9	87,38
1	78,71	1	83,23

4.1.5.3 Starting Motor – Hubung Singkat



Gambar 4.18 Hasil simulasi *starting* motor-hubung singkat

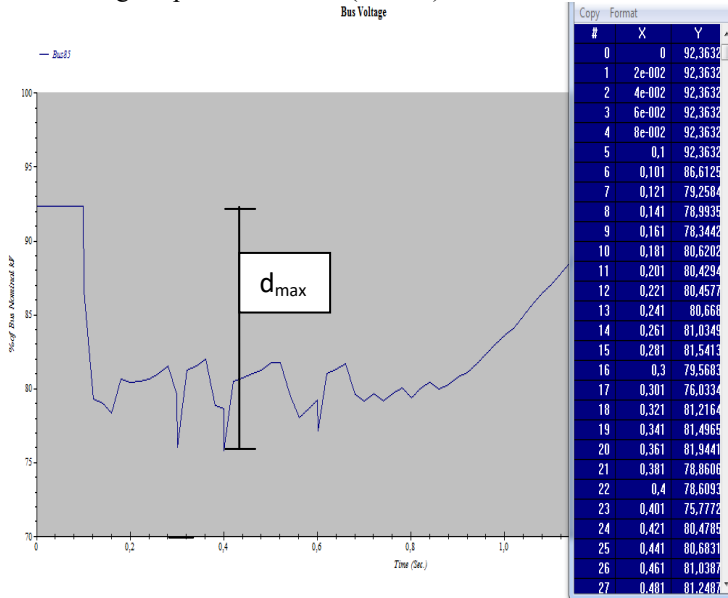
Tabel 4.10 Data *starting* motor-hubung singkat

No	Detik	Y
1	1	99,99
2	2	100,78
3	3	100,33
4	4	100,11
5	5	100,03
6	6	100,00
7	7	99,99
8	8	99,99
9	9	99,98
10	10	99,98

4.2 Analisa

Dari hasil plotting gambar hasil simulasi di atas, maka dapat diambil contoh sebagai bahan analisa sebagai berikut:

1. Starting Empat Buah Motor (Bus 85)



Gambar 4.19 Hasil simulasi *starting* empat buah motor

Diketahui: Tegangan Bus = 400 V

$$Pst = \frac{d}{do} \quad (\text{Untuk Metode kurva})$$

Dimana nilai d & do didapat dari:

$$d = \frac{R_s \cdot \Delta P + X_s \cdot \Delta Q}{U^2_n} \times 100\%$$

$$do = \frac{\Delta U}{U}$$

Sehingga dapat diperoleh perhitungan nilai Pst sebagai berikut:

$$d = \frac{0.0097 \times 400000 + 0.0092 \times 300000}{400^2} \times 100\%$$

$$d = \frac{3880 + 2760}{160000} \times 100\%$$

- $d = 4.1\%$

#] Menggunakan Analytical Method

Rumus Perhitungan: jika $d_{\max} = 16.6$

- $tf = 2.3 (d.F)^{3.2}$

- $Pst = \left(\frac{\sum tf}{T_p} \right)^{1/3.2}$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: ($F=1.33$) → pada alat ukur

- $tf = 2.3 (16.6 \times 1.33)^{3.2}$

- $tf = 45962$

- $Pst = \left(\frac{45962}{600} \right)^{1/3.2}$

- **$Pst = 3.8$**

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: ($F=1$) → Untuk starting motor

- $tf = 2.3 (16.6 \times 1)^{3.2}$

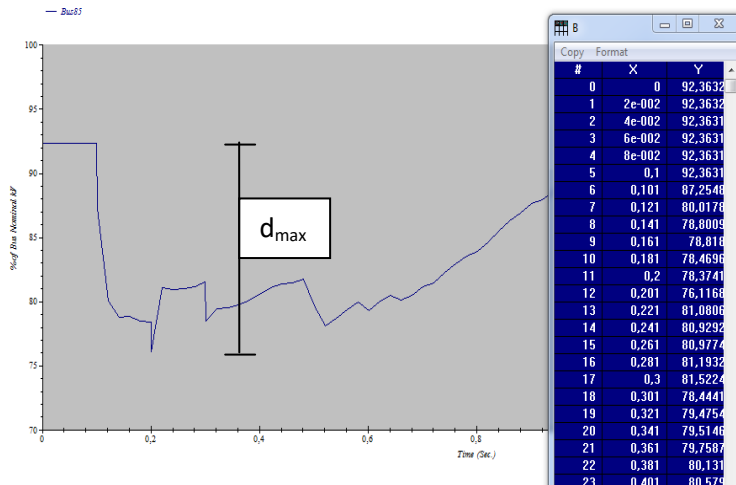
- $tf = 18453.2$

- $Pst = \left(\frac{18453.2}{600} \right)^{1/3.2}$

- **$Pst = 2.9$**

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai perhitungan dari Pst telah di atas nilai standart yang telah ditetapkan pada level tegangan LV yaitu sebesar 1,0 sehingga dapat dikatakan bahwa fluktuasi tegangan yang terjadi telah melewati batas aman.

2. Starting Tiga Buah Motor (Bus 85)



Gambar 4.20 Hasil simulasi *starting* tiga buah motor

Diketahui: Tegangan Bus = 400 V

#] Menggunakan Analytical Method

Rumus Perhitungan: jika $d_{\max} = 16.16$

$$- \quad tf = 2.3 (d \cdot F)^{3.2}$$

$$- \quad Pst = \left(\frac{\sum tf}{T_p} \right)^{1/3.2}$$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: ($F=1.33$) → pada alat ukur

$$- \quad tf = 2.3 (16.16 \times 1.33)^{3.2}$$

$$- \quad tf = 42176.00$$

$$- \quad Pst = \left(\frac{42176}{600} \right)^{1/3.2}$$

$$- \quad \mathbf{Pst = 3.7}$$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: ($F=1$) → Untuk starting motor

$$- \quad tf = 2.3 (16.16 \times 1)^{3.2}$$

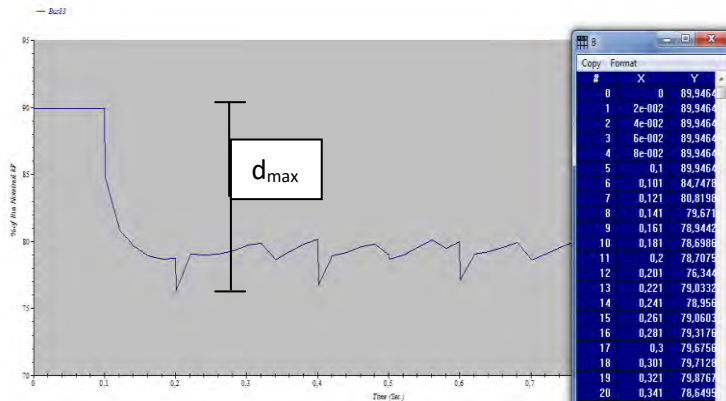
$$- \quad tf = 16933.24$$

$$- \quad Pst = \left(\frac{16933.24}{600} \right)^{1/3.2}$$

- $Pst = 2.8$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai perhitungan dari Pst telah di atas nilai standart yang telah ditetapkan pada level tegangan LV yaitu sebesar 1,0 sehingga dapat dikatakan bahwa fluktuasi tegangan yang terjadi telah melewati batas aman.

3. Starting Motor – Load Ramp (Bus 83)



Gambar 4.21 Hasil simulasi *starting motor-load ramp*

Diketahui: Tegangan Bus = 400 V

#] Menggunakan Analytical Method

Rumus Perhitungan: jika $d_{max} = 12.8$

- $tf = 2.3 (d.F)^{3.2}$

- $Pst = \left(\frac{\sum tf}{T_p} \right)^{1/3.2}$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: ($F=1.33$) → pada alat ukur

- $tf = 2.3 (12.8 \times 1.33)^{3.2}$

- $tf = 20004.3$

- $Pst = \left(\frac{20004.3}{600} \right)^{1/3.2}$

- $Pst = 2.9$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: ($F=1$)

- $tf = 2.3 (12.8 \times 1)^{3.2}$

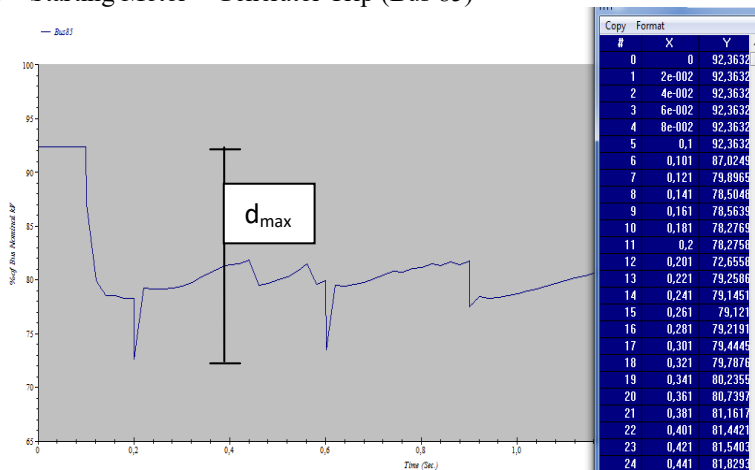
- $tf = 8031.5$

- $Pst = \left(\frac{8031.5}{600} \right)^{1/3.2}$

- $Pst = 2.2$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai perhitungan dari Pst telah di atas nilai standart yang telah ditetapkan pada level tegangan LV yaitu sebesar 1,0 sehingga dapat dikatakan bahwa fluktuasi tegangan yang terjadi telah melewati batas aman.

4. Starting Motor – Generator Trip (Bus 85)



Gambar 4.22 Hasil simulasi *starting motor-generator trip*

Diketahui: Tegangan Bus = 400 V

#] Menggunakan Analytical Method

Rumus Perhitungan: jika $d_{max} = 14.16$

- $tf = 2.3 (d \cdot F)^{3.2}$

- $Pst = \left(\frac{\sum tf}{Tp} \right)^{1/3.2}$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: ($F=1.33$) → pada alat ukur

- $tf = 2.3 (14.16 \times 1.33)^{3.2}$

- $tf = 27634.7$

- $Pst = \left(\frac{27634.7}{600} \right)^{1/3.2}$

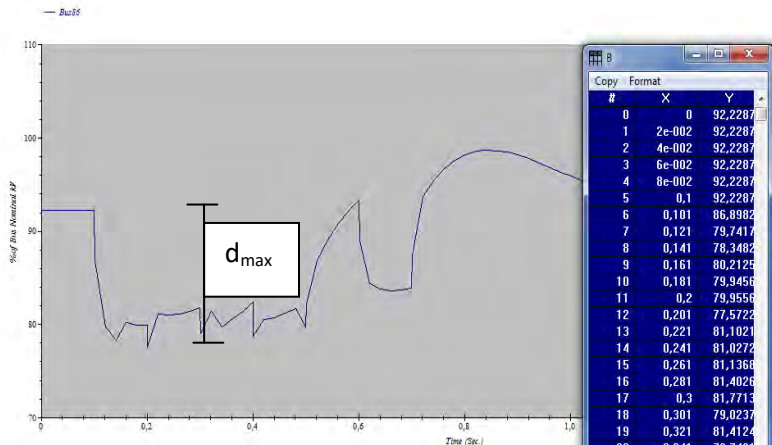
- $Pst = 3.3$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: (F=1)

- $tf = 2.3 (14.16 \times 1)^{3.2}$
- $tf = 11095.07$
- $Pst = \left(\frac{11095.07}{600} \right)^{1/3.2}$
- **$Pst = 2.4$**

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai perhitungan dari Pst telah di atas nilai standart yang telah ditetapkan pada level tegangan LV yaitu sebesar 1,0 sehingga dapat dikatakan bahwa fluktuasi tegangan yang terjadi telah melewati batas aman.

5. On – Off Motor Besar (Bus 86)



Gambar 4.23 Hasil simulasi *on-off* motor besar

Diketahui: Tegangan Bus = 400 V

#] Menggunakan Analytical Method

Rumus Perhitungan: jika $d_{max} = 14.7$

- $tf = 2.3 (d \cdot F)^{3.2}$
- $Pst = \left(\frac{\sum tf}{T_p} \right)^{1/3.2}$

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: (F=1.33) → pada alat ukur

- $tf = 2.3 (14.7 \times 1.33)^{3.2}$
- $tf = 31150.7$

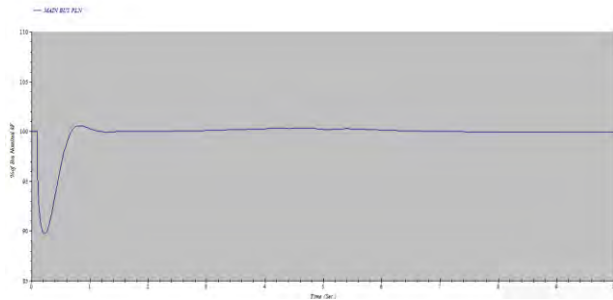
- $Pst = \left(\frac{31150.7}{600}\right)^{1/3.2}$
- **$Pst = 3.4$**

Sehingga dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut: (F=1)

- $tf = 2.3 (14.7 \times 1)^{3.2}$
- $tf = 12506.7$
- $Pst = \left(\frac{12506.7}{600}\right)^{1/3.2}$
- **$Pst = 2.5$**

Dari hasil perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai perhitungan dari Pst telah di atas nilai standart yang telah ditetapkan pada level tegangan LV yaitu sebesar 1,0 sehingga dapat dikatakan bahwa fluktuasi tegangan yang terjadi telah melewati batas aman.

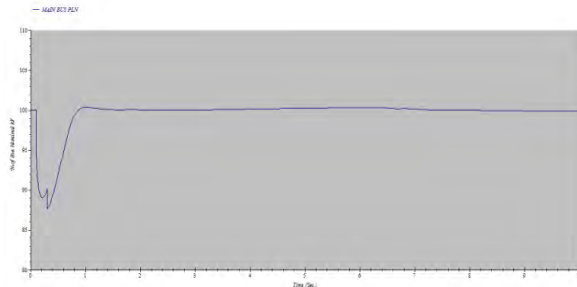
6. Starting satu buah motor



Gambar 4.24 Hasil simulasi *starting* satu buah motor

Dari hasil simulasi starting satu buah motor dapat diketahui jika pada kondisi ini tidak terjadi fluktuasi tegangan/flicker. Kondisi yang ada menunjukkan bahwa dalam kasus ini hanya terjadi dip voltage atau sag. Dimana tegangan turun sesaat dengan kurun waktu kurang dari satu detik kemudian kembali ke kondisi stabil. Dip voltage ini juga memiliki dampak negatif bagi sistem jika penurunannya melebihi dari standart yang telah ditetapkan. Salah satu contoh pengaruh dip voltage ini adalah operasi motor dapat berhenti serta dapat mengganggu setting koordinasi pengaman.

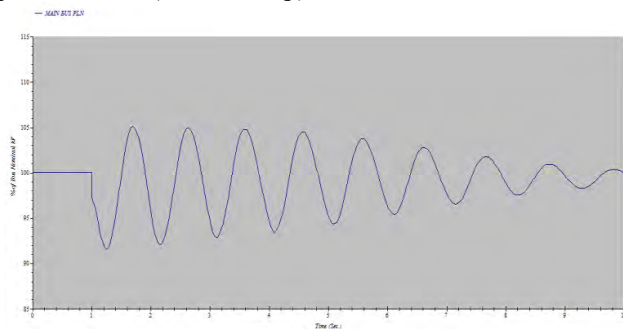
7. Starting dua buah motor



Gambar 4.25 Hasil simulasi *starting* dua buah motor

Dari hasil simulasi starting dua buah motor dapat diketahui jika pada kondisi ini tidak terjadi fluktuasi tegangan/flicker atau relatif sama dengan kasus pada starting satu buah motor. Kondisi yang ada menunjukkan bahwa dalam kasus ini hanya terjadi dip voltage atau sag. Dimana tegangan turun sesaat dengan kurun waktu kurang dari satu detik kemudian kembali ke kondisi stabil. Penurunan tegangan terjadi dari tegangan normal sebesar 99,9 V turun menjadi 88,09 V pada kondisi terendah sehingga penurunan tegangan yang terjadi dapat dikategorikan di luar dari standart yang telah ada dimana penurunan tegangan yang diizinkan yaitu $\pm 5\%$. Oleh karenanya, kondisi ini tentu tidak baik bagi sistem maupun peralatan yang ada. Namun hal ini wajar terjadi melihat jika motor yang di start adalah motor yang berkapasitas besar dengan metode starting secara langsung(Direct On Line).

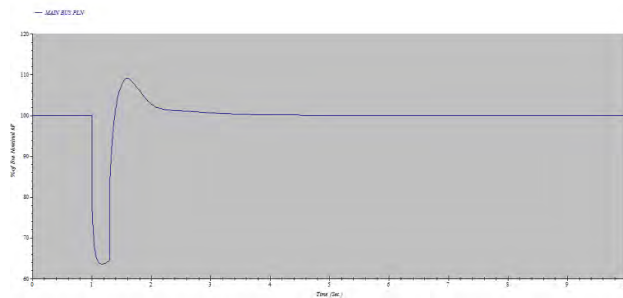
8. Pelepasan sumber (Genertor trip)



Gambar 4.26 Hasil simulasi pelepasan sumber generator

Dari hasil simulasi pada pelepasan sumber (generator) dapat dilihat jika kondisi yang terjadi adalah bukan merupakan fluktuasi tegangan melainkan hanya kondisi osilasi sesaat yang nantinya sistem akan berangsur kembali ke kondisi stabil. Kondisi ini tidak termasuk ke dalam fluktuasi tegangan/flicker mengingat bentuk gelombang maupun tegangan yang terjadi tidak sesuai dengan teori tentang jenis maupun tipe dari fluktuasi tegangan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

9. Hubung singkat



Gambar 4.27 Hasil simulasi hubung singkat

Dari hasil simulasi pada pemberian gangguan berupa hubung singkat dapat dilihat jika kondisi yang terjadi adalah bukan merupakan fluktuasi tegangan melainkan hanya kondisi jatuh tegangan sesaat atau dip voltage yang nantinya sistem akan berangsur kembali ke kondisi stabil. Penurunan tegangan yang terjadi pada saat gangguan ini adalah dari 100 V menjadi 62,04 V pada kondisi terendah. Kondisi ini terjadi kurang dari 1 detik sebelum sistem / tegangan kembali normal.

LAMPIRAN

GE Flicker Curves Copied From IEEE 519

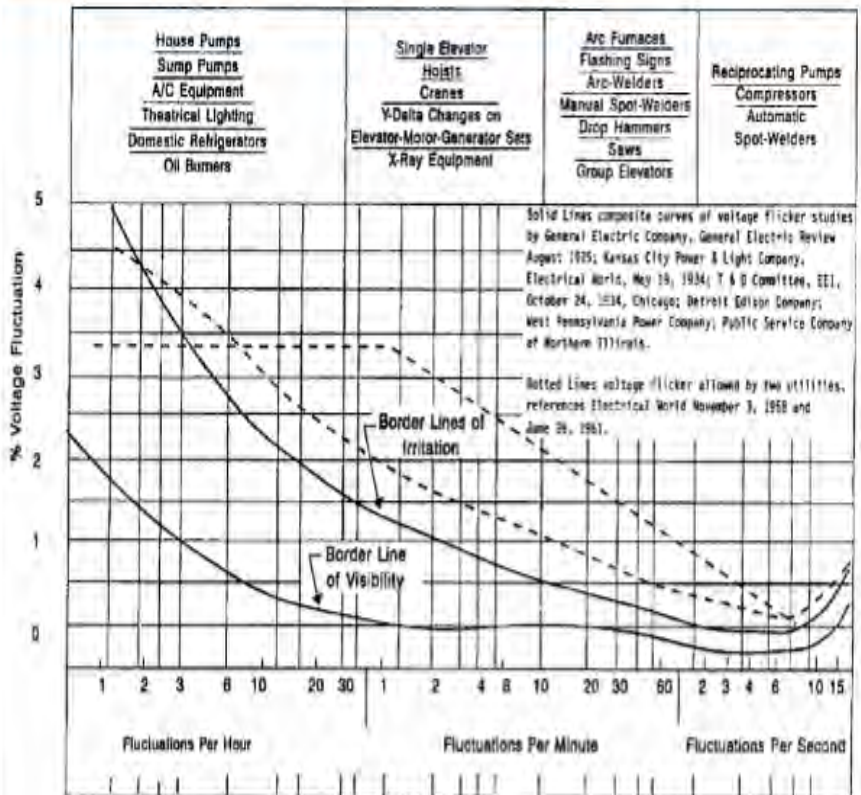
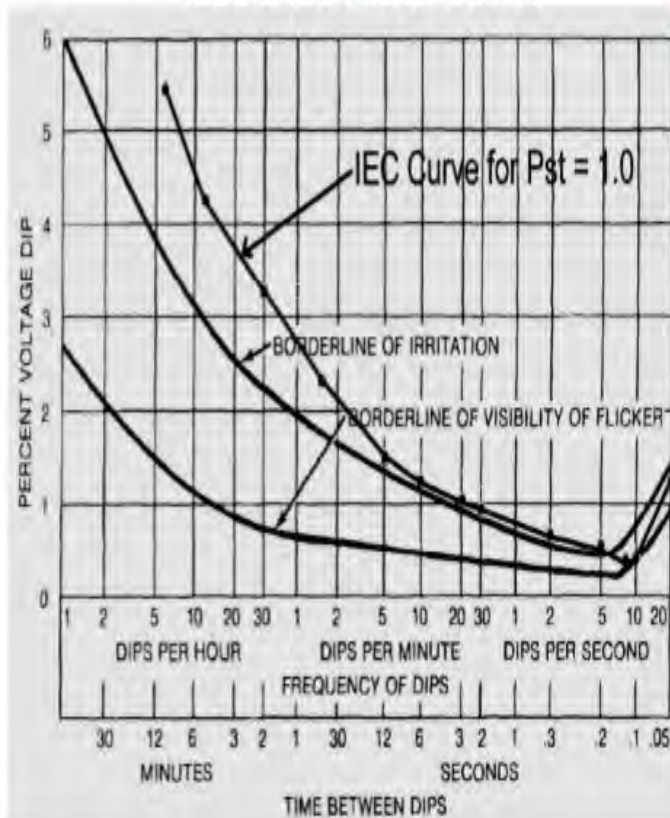


Figure 10-3—Maximum Permissible Voltage Fluctuations

Comparison of IEEE 141 and IEC Flickermeter Curves

IEEE & IEC Flicker Curves



*1 dip = 2 changes

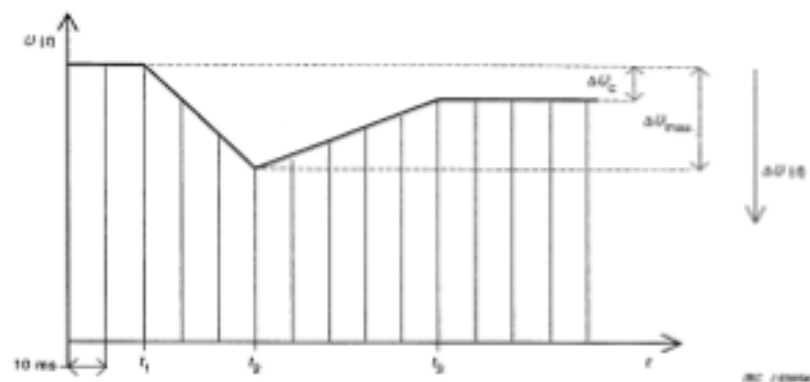
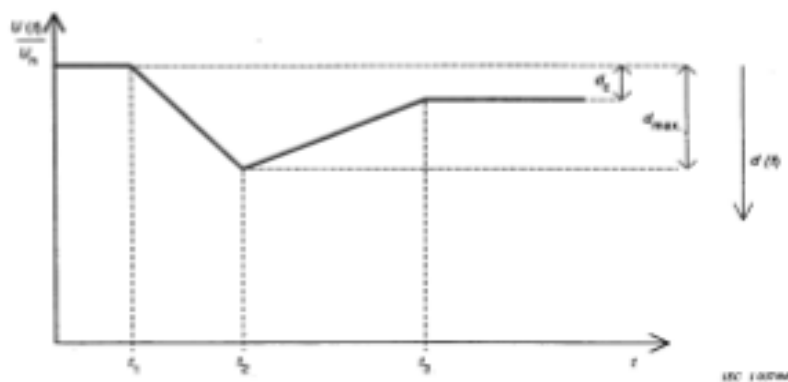
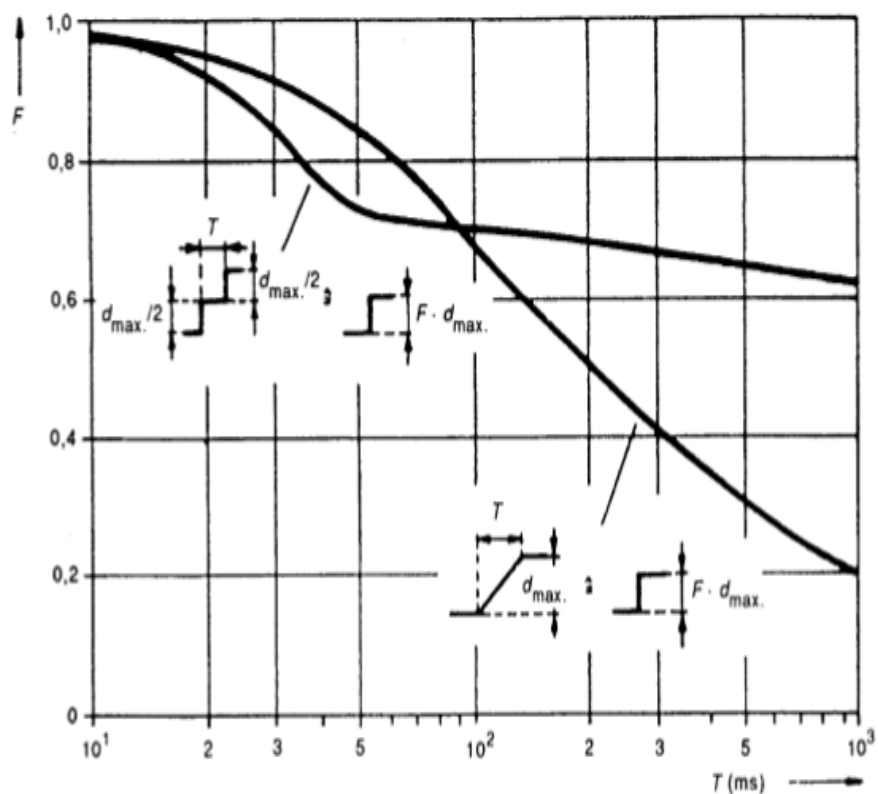
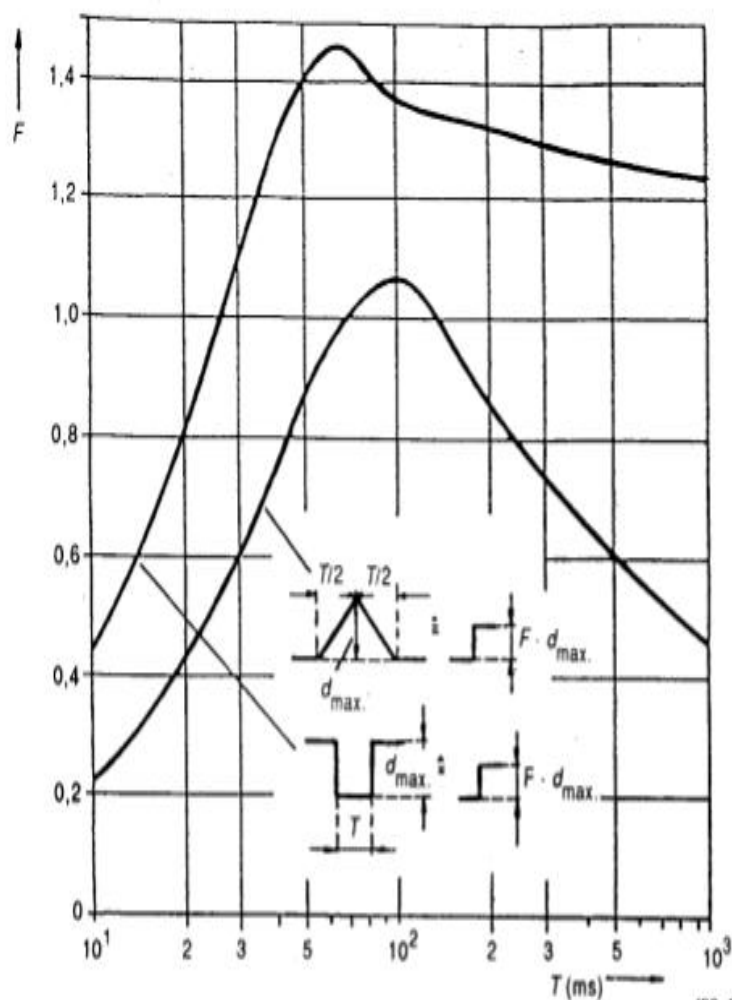
Figure 2 - Histogram evaluation of $U(t)$ 

Figure 3 - Relative voltage change characteristic



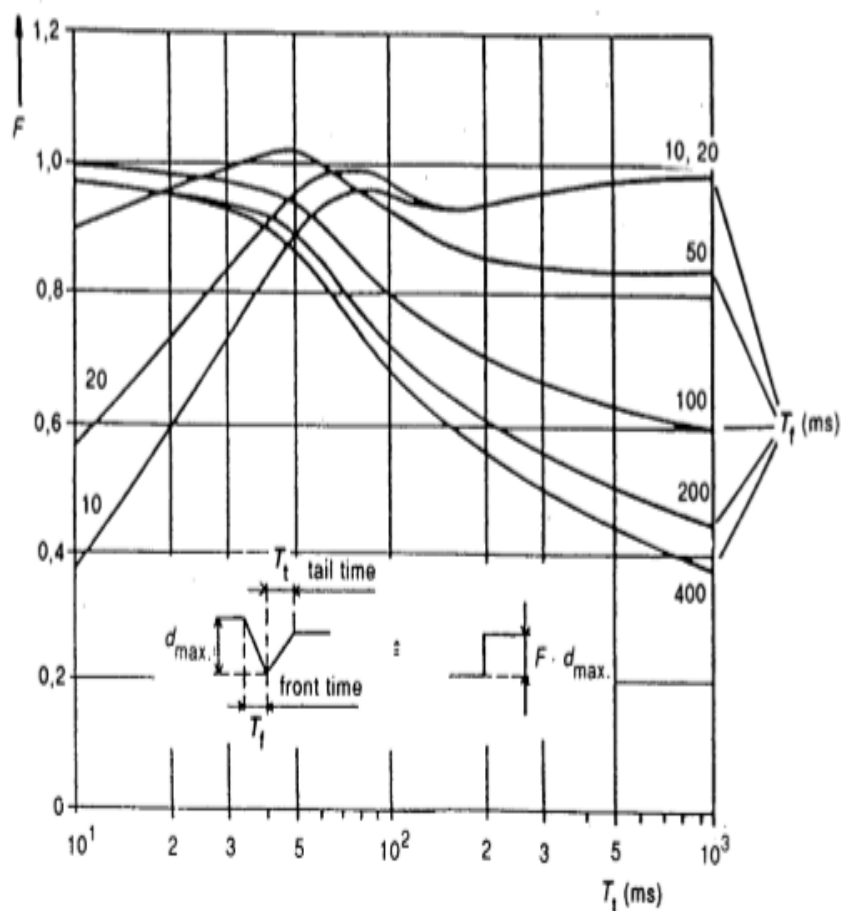
IEC 1039/94

Figure 5 – Shape factors F for double-step and ramp-voltage characteristics



IEC 1040/94

Figure 6 – Shape factors F for rectangular and triangular voltage characteristics



IEC 104194

NOTE - $T_t = t_3 - t_2$, $T_f = t_2 - t_1$ (see figure 3).

Figure 7 – Shape factor F for motor-start voltage characteristics having various front times

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis tentang case yang mungkin untuk terjadinya flicker pada PT. Semen Indonesia Pabrik Aceh, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil running power flow menunjukkan bahwa ada beberapa bus pada level tegangan LV yang masih dalam kondisi marginal namun kondisi tersebut masih diperbolehkan.
2. *Voltage fluctuation / fluktuasi tegangan / flicker / tegangan getar* terjadi pada case on – off motor besar, starting tiga unit motor dan empat unit motor dengan waktu yang berbeda. Serta terjadi pula pada case kombinasi seperti motor starting – load ramp dan motor starting – generator trip.
3. Jenis voltage fluctuation / flicker / fluktuasi tegangan / tegangan getar yang terjadi adalah non cyclic dimana hanya muncul sesaat dan tidak periodik. Hal ini disebabkan karena jenis beban dan case yang berupa motor starting. Fluktuasi tegangan yang terjadi hanya terjadi sesaat pada periode awal starting motor.
4. Tingkat keparahan flicker / fuktuasi tegangan yang terjadi berdasarkan perhitungan nilai Pst adalah diluar ambang batas atau standart sebesar 1,0 sehingga berpotensi untuk merusak & mengganggu peralatan. Baik dalam hal pembacaan maupun umur peralatan.

5.2 Saran

Dari hasil kesimpulan diatas, penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Ketika memulai start awal motor secara bersama-sama sebaiknya jeda periode waktunya agak lama atau dipilih untuk menggunakan metode starting motor yang tepat.
2. Sebaiknya dalam sistem kelistrikan PT. Semen Indonesia pabrik Aceh sebagai alternatif perbaikan digunakan suatu alat kompensator semisal SVC.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roger C Dugan, Mark F McGranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty, “*Electrical Power System Quality*”, McGraw-Hill companies., second edition, 2004
- [2] International Standart IEC 61000-3-3, Part 3 section 3, “*Limitation Of Voltage Fluctuations and Flicker in low-voltage supply systems For Equipment With Rated Current $\leq 16A$* ”, First edition, 1994
- [3] Angelo Bagгинi “*Handbook Of Power Quality*”, University Of Bergamo, John Wiley & Sons, Ltd., The Atrium, Southern Gate, Chicester, England, 2008
- [4] Buku PLN “*Mutu Produk Menuju World Class Service 2015*”, Edisi II, PT. PLN Distribusi Jawa Timur, 2013
- [5] Araceli Hernandez Bayo, “*Voltage Fluctuations and Flicker – Case Study*”, John Wiley & Sons, Ltd, 2008
- [6] Engineering Handbook, “*Voltage Fluctuation And Flicker*”, Volume 1, Part C, Section 5.1, PacifiCorp, 2014
- [7] Jim Rossman, Gerald Johns “*Flicker Analysis and Case Studies*”, TVA, August, 2008

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP



Tito Amil Muzzammil. dilahirkan di kota Gresik, 9 April 1993. Penulis memulai jenjang pendidikannya di SDN SIDOKUMPUL 1 Gresik hingga lulus tahun 2005. Setelah itu penulis melanjutkan studinya di SLTP Negeri 1 Gresik dan lulus tahun 2008, penulis diterima sebagai murid SMA Negeri 1 Manyar hingga lulus tahun 2011. Pada tahun yang sama penulis masuk ke Jurusan D3 Teknik Elektro Industri Politeknik Elektronika Negeri Surabaya hingga lulus tahun 2014. Kemudian

penulis melanjutkan studi Program Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya lewat program Lintas Jalur mengambil jurusan Teknik Elektro dan bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi dia alamat email titoamil7@gmail.com.